

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства та природокористування

Кафедра агроінженерії

02-07-67М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторно-практичних робіт
з навчальної дисципліни «Система «Машина-Поле»»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського)
рівня за освітньо-професійною програмою
«Агроінженерія» спеціальності Н7 «Агроінженерія»
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано
Науково-методичною
радою з якості ННМІ
Протокол №3 від 18.11.2025 р.

Рівне – 2025

Методичні вказівки до виконання лабораторно-практичних робіт з навчальної дисципліни «Система «Машина-поле»» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» спеціальності Н7 «Агроінженерія» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Шимко А. В. – Рівне : НУВГП, 2025. – 83 с.

Укладач: Шимко А. В., кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії.

Відповідальний за випуск: Налобіна О. О., доктор технічних наук, професор, завідувачка кафедри агроінженерії.

Схвалено на засіданні кафедри агроінженерії протокол № 4 від 05 листопада 2025 року

Керівник групи
забезпечення спеціальності
208 «Агроінженерія»

Бундза О. З.

Попередня версія МВ 02-07-54М

© А. В. Шимко, 2025
© НУВГП, 2025

ЗМІСТ

Вступ

Лабораторно-практична робота №15

Лабораторно-практична робота №215

Лабораторно-практична робота №321

Лабораторно-практична робота №432

Лабораторно-практична робота №548

Лабораторно-практична робота №656

Лабораторно-практична робота №764

Список використаних джерел

ВСТУП

Сучасне сільське господарство базується на ефективному використанні ресурсів, оптимізації технологічних процесів і впровадженні передових інженерних рішень. Сільськогосподарське виробництво неможливе без ефективного використання механізованих засобів, які забезпечують виконання технологічних операцій із вирощування, догляду та збирання сільськогосподарських культур. Одним із ключових аспектів аграрного виробництва є взаємодія технічних засобів із ґрунтовим середовищем.

Мета дисципліни «Система Машина-Поле» спрямована на формування у студентів ґрунтовних знань щодо наукових основ раціонального використання механізованих засобів у виробництві продукції рослинництва. Основний акцент робиться на аналізі та синтезі елементів системи «Машина – Поле», а також на оптимальних методах механізованого вирощування сільськогосподарських культур.

Основні завдання:

Набути знань з питань вибору техніки для виконання технологічних операцій, які пов'язані із вирощуванням та збиранням сільськогосподарських культур.

Вміти аналізувати агрофізичні параметри ґрунту, рослин, добрив, матеріалів і продукції сільськогосподарського виробництва.

Ознайомитись із процесом контролю якості виконання механізованих операцій робіт у рослинництві.

Лабораторно-практична робота №1

Тема: Визначення вологості сільськогосподарських матеріалів

1. Мета роботи

Метою даної роботи є набуття практичних навичок у визначенні вологості ґрунту та інших сільськогосподарських матеріалів, що є важливим показником для ефективного ведення аграрної діяльності.

2. Теоретична частина

Вологість сільськогосподарських матеріалів визначається з метою:

- оцінки умов експлуатації сільськогосподарської техніки, зокрема вологості ґрунту, добрив, насіння та навколишнього середовища;
- контролю за технологічними процесами, такими як сушка, обробка ґрунту та зміни вологості матеріалів під час їх обробки;
- визначення оптимальних умов для росту та розвитку сільськогосподарських культур.

Існують прямі та непрямі методи визначення вологості.

Прямі методи

Пряме вимірювання вологості здійснюється за допомогою спеціальних електронних приладів. Вони дозволяють швидко отримати результати, проте можуть давати похибки, пов'язані з фізико-механічними властивостями матеріалу. Зокрема, структура матеріалу може впливати на точність показань.

Для визначення вологості повітря використовують напівпровідникові електropsychометри, а також стаціонарні та аспіраційні психометри. Якщо потрібно зафіксувати зміни вологості протягом певного періоду, застосовують гігрографи, які можуть вимірювати відносну вологість у діапазоні 30-100 % з точністю до 2 %.

Найбільш поширений метод – висушування

Найточніший і найбільш розповсюджений метод визначення вологості сільськогосподарських матеріалів – це висушування проб у сушильних шафах при температурі 100-105 °С. Однак при аналізі необхідно враховувати фізико-механічні властивості матеріалу, що визначає спосіб відбору, розмір проби та її масу.

Якщо матеріал має високу початкову вологість, його попередньо підсушують при температурі 50-60 °С, щоб уникнути утворення поверхневої кірки, що може ускладнити подальше випаровування води. Надмірний нагрів також може спричинити обвуглення матеріалу та зміну його маси.

Тривалість висушування проб залежить від виду матеріалу та початкової вологості й може варіюватися від 4 до 12 годин. Для прискореного сушіння насіння допускається висушування при 105 °С протягом 30-50 хвилин, після чого матеріал подрібнюють на лабораторному млині та досушують при температурі 130 °С протягом 40 хвилин.

Точність визначення вологості

Якість отриманих результатів значною мірою залежить від точності зважування та правильності виконання процесу висушування. Для отримання надійних даних необхідно виконати математичну обробку результатів, використовуючи такі статистичні методи, як обчислення середнього арифметичного значення, середнього квадратичного відхилення та коефіцієнта варіації. Це дозволяє мінімізувати вплив випадкових похибок і підвищити точність визначення вологості сільськогосподарських матеріалів.

$$\bar{x} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (1.1)$$

де $\sum X_i$ – сумарне значення досліджуваного показника;
 n – загальна кількість значень у статистичному ряді.

Середнє квадратичне відхилення розраховується за формулою:

$$G = \pm \sqrt{\frac{(X_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (1.2)$$

де G характеризує ступінь розсіювання значень у варіаційному ряді.

Коефіцієнт варіації визначають за допомогою формули:

$$V = \frac{G}{\bar{x}} \cdot 100\% \quad (1.3)$$

Цей коефіцієнт дозволяє оцінити ступінь мінливості ознаки. У сільському господарстві використовують таку класифікацію варіації:

- 0-10 % – низька мінливість;
- 10-20 % – середній рівень варіації;
- понад 20 % – висока варіація.

Визначення вологості ґрунту

У рамках лабораторно-практичної роботи необхідно визначити вологість ґрунту, що є однією з ключових його фізичних характеристик. Вологість ґрунту впливає на його придатність до механічного обробітку (оранка, культивація, боронування тощо).

Абсолютну вологість ґрунту визначають за формулою:

$$W_A = \frac{m_B - m_c}{m_c} \cdot 100\% \quad (1.4)$$

де m_B – маса вологого ґрунту, г;

m_c – маса сухого ґрунту, г.

Відносна вологість ґрунту розраховується так:

$$W_B = \frac{m_B - m_c}{m_B} \cdot 100\% \quad (1.5)$$

Запас води в ґрунті (у мм водного стовпа) обчислюють за формулою:

$$W_{зан} = W_B \cdot \frac{\delta \cdot h}{10} \quad (1.6)$$

де δ – об'ємна маса сухого ґрунту, г/см³;

h – товщина шару ґрунту, см.

Оптимальна вологість ґрунту

Оптимальна вологість, за якої ґрунт найбільш придатний для обробітку, називається фізичною сплістю. Весною для різних типів ґрунтів встановлені такі оптимальні значення вологості:

- солонці – 12 %;
- темно-каштанові ґрунти – 19 %;
- підзолисті піщані ґрунти – 15-22 %;
- чорноземи – 17-30 %.

Оптимальна вологість сприяє ефективній оранці, зменшує витрати пального та знос ґрунтообробної техніки.

Завдання роботи

1. Визначити вологість ґрунту або іншого сільськогосподарського матеріалу за завданням викладача.
2. Провести математичний аналіз отриманих результатів.
3. Оформити звіт за результатами дослідів.

Необхідне обладнання

- Електрична сушильна шафа.
- Бюкси.
- Терези.
- Проби ґрунту (або інші матеріали за завданням викладача).

Перед початком роботи слід уважно ознайомитися з технічною документацією та правилами техніки безпеки.

Опис сушильної шафи

Шафа сухоповітряна (рис. 1.1) складається з:

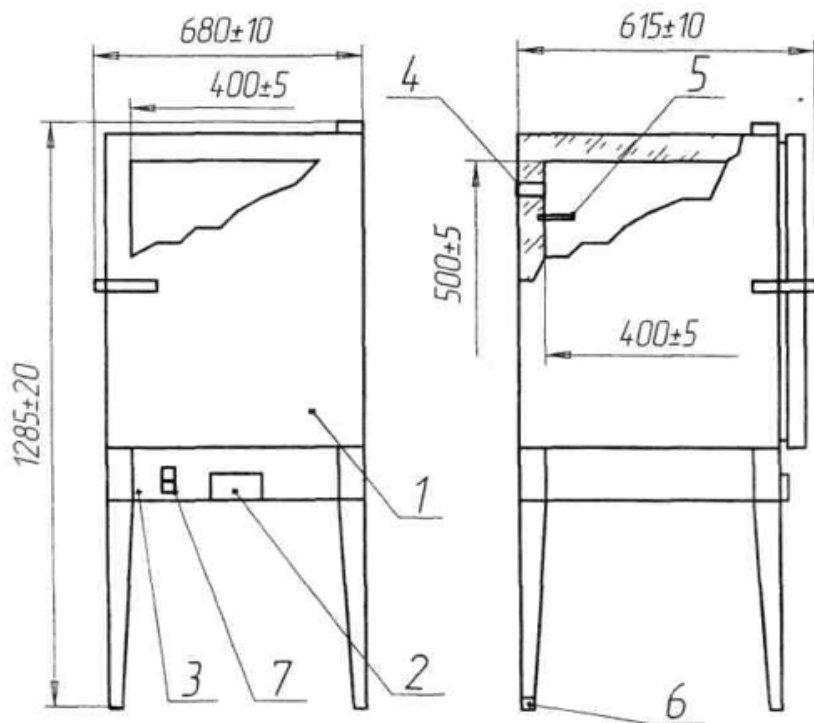


Рис. 1.1 - Шкаф сухоповітряна ШС-80-КЗМА: 1 – корпус; 2 – пульт (індикатор температури); 3 – підсвітка; 4 – отвір для відведення пару; 5 – датчик температури; 6 – опорний гвинт; 7 – вимикач.

- корпусу (1);
- пульта керування (2);
- підставки (3).

У корпусі розташована робоча камера з полицями для проб, паровідвідна трубка, датчики та нагрівальні елементи для рівномірного нагріву повітря. Дверцята мають теплоізоляцію.

Пульт керування (рис. 1.2) використовується для встановлення та підтримки температурних параметрів, а також

збереження налаштувань завдяки мікропроцесорному ПІД-регулятору.

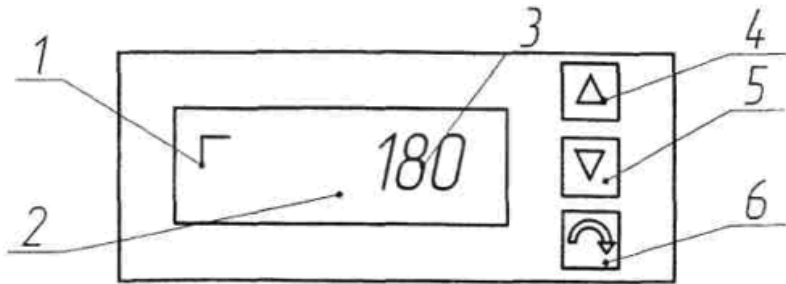
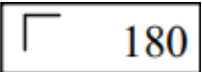


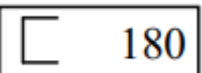
Рис. 1.2 – Розташування органів керування та індикації на передній панелі пульта управління: 1 – індикатор значення регульованої змінної; 2 – індикатор стану виходу реле пульта управління (засвідчена точка визначає подачу напруги на ТЕН); 3 – індикатор заданої температури; 4 – кнопка "Збільшити"; 5 – кнопка "Зменшити"; 6 – кнопка "Ввід"

Режим цифрової і символічної індикації заданої температури (Режим 1)

Система індикації дозволяє відображати стан температурного режиму в камері за допомогою спеціальних символів:

-  Якщо поточна температура перевищує задану, відображається відповідний символ.

-  Якщо поточна температура нижча за задану, з'являється інший символ.

-  Якщо температура знаходиться в межах встановленого оператором діапазону, система сигналізує про стабільний стан.

Світлова точка перед числовим значенням температури вказує на стан нагрівача: миготливий індикатор означає, що ТЕН увімкнений.

Налаштування температури здійснюється кнопками "▲" або "▼", у межах 50–200 °С з кроком 1 °С.



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд електронних лабораторних ваг AXIS A500

Порядок виконання роботи

1. Підготовка зразків:

- Вибрати бюкси для проведення дослідів.
- Зважити порожні бюкси та записати отримані дані в таблицю 1.1.
- Наповнити кожен бюкс зразком ґрунту (без ущільнення), який попередньо підготовлений з відповідної ділянки.

2. Зважування та висушування:

- Зважити бюкси з пробами ґрунту з точністю до 0,01 г і записати результати.
- Висушити зразки в електричній сушильній шафі:

- Спочатку при температурі 50–60 °С.
- Далі при температурі 100–105 °С протягом 3 годин.
- Після охолодження провести повторне зважування з тією ж точністю.

3. Контроль повторного висушування:

- Повторно висушити бюкси в сушильній шафі ще протягом 1 години.
- Провести зважування і записати результати у таблицю 1.1.
- Якщо різниця між першими та повторними зважуваннями перевищує 0,05 г, провести додаткове висушування ще на 1–2 години.

4. Розрахунки:

- Обчислити абсолютну вологість ґрунту W_A за формулою (1.4).
- Провести математичну обробку отриманих даних, визначивши середнє арифметичне значення x (1.1), середнє квадратичне відхилення G (1.2) та коефіцієнт варіації V (1.3).
- Визначити вологість ґрунту у відсотках відносно маси вологого ґрунту W_B за формулою (1.5).
- Обчислити запас вологи в ґрунті $W_{зап}$ у міліметрах водного стовпа за формулою (1.6), використовуючи значення:

- Об'ємної маси абсолютно сухого ґрунту: 1,1 г/см³.
- Висоти шару ґрунту: 15 см.

Звіт

У звіті необхідно відобразити:

- Короткий опис виконаної роботи.
- Використані формули та їх розрахунки.
- Таблиці з отриманими результатами.
- Висновки щодо виконаних вимірювань та аналіз отриманих даних.

Таблиця 1.1.

Необхідні дані для визначення вологості ґрунту

Матеріал	Номер досліджу	Номер бюкса	Маса бюкса (пустого)	Маса бюкса з ґрунтом, г			
				вологого	після висушування		
Ґрунт	1						
	2						
	3						
	4						

Таблиця 1.2

Результати дослідів з визначення вологості сільськогосподарських матеріалів

1	Повторність досліджу	1	2	3	4
2	Маса вологого ґрунту m_B , г				
3	Маса сухого ґрунту m_C , г				
4	Абсолютна вологість W_A , %				
5	Середня арифметична величина $\bar{x}$, %				
6	Середнє квадратичне відхилення G , %				
7	Коефіцієнт варіації V , %				

Контрольні запитання

1. Які особливості висушування сирих сільськогосподарських матеріалів та їх вплив на якість кінцевого продукту?

2. За якою формулою розраховується абсолютна вологість сільськогосподарських матеріалів, і які параметри для цього необхідні?

3. Опишіть будову та принцип роботи сушильної шафи, зокрема роль її основних елементів.

4. Яка методика визначення вологості ґрунту? Опишіть основні етапи цього процесу.

5. Якими методами можна контролювати вологість ґрунту у польових умовах?
6. Як впливає вологість ґрунту на його механічні властивості та придатність до обробітку?
7. Які чинники впливають на точність визначення вологості ґрунту в лабораторних умовах?
8. Яке значення має коефіцієнт варіації при оцінці вологості ґрунту?
9. Як обирається оптимальна температура висушування для різних типів ґрунтів і матеріалів?
10. Які заходи безпеки необхідно дотримуватися під час роботи з сушильною шафою?

Лабораторно-практична робота №2

Тема: Визначення твердості та коефіцієнта об'ємного зминання ґрунту

1. **Мета роботи.** Опанування методики визначення твердості ґрунту та коефіцієнта його об'ємного зминання за встановлених умов.

2. Теоретична частина

Твердість ґрунту – це здатність ґрунту чинити опір проникненню в нього твердого предмета, зокрема конуса, циліндра чи кулі. Для визначення цього показника застосовуються спеціальні ґрунтові твердоміри різноманітних конструкцій.

Раніше твердість ґрунту вимірювали за допомогою загострених палиць, що нагадували сільськогосподарські знаряддя. У другій половині XIX століття професор Н.І. Железнов розробив методику вимірювання твердості за допомогою динамометричного лому. Це пристрій із загостреним металевим кінцем і вимірювальними поділками на робочій частині. Його вертикально скидали з висоти 1 м, і за глибиною заглиблення оцінювали твердість ґрунту та енергетичні витрати на його обробку.

Згодом з'явилися різноманітні твердоміри, серед яких копри, лопати-твердоміри та інші. Найбільшого поширення набув твердомір В.П. Горячкіна, удосконалений спеціалістами Всесоюзного науково-дослідного інституту сільськогосподарського машинобудування. Цей прилад вимірює твердість ґрунту в межах 0-30 см і має масу до 16 кг. Для експедиційних та польових досліджень застосовуються пружинні твердоміри Голубєва та Н.А. Качинського, масою до 1 кг.

Процес вимірювання можна представити графічно (рисунок 2.1), де крива включає кілька фаз. Перша фаза (ділянка ОА) відображає пропорційне зростання опору при заглибленні наконечника в ґрунт до 5-6 см. Друга фаза (АВ) є

перехідною – формування ущільненого ядра перед основою наконечника. Третя фаза (BC) демонструє стабільний опір ґрунту, що переміщується в боки.

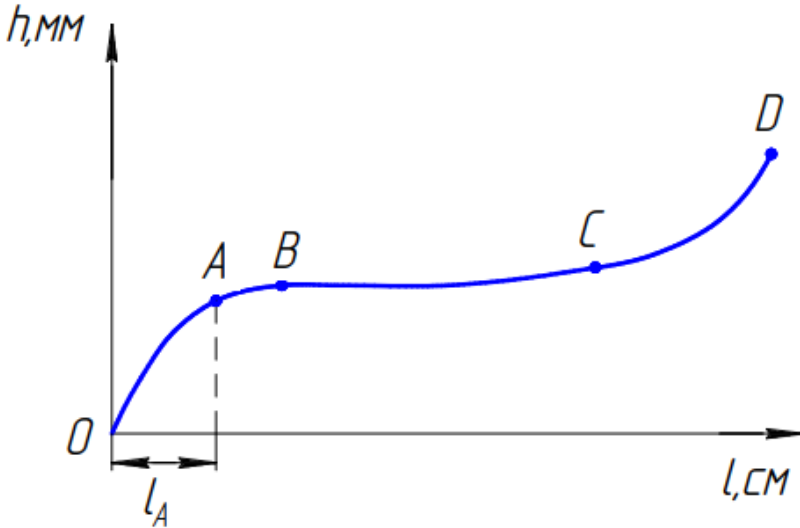


Рис. 2.1 - До визначення твердості ґрунту твердоміром
Твердість ґрунту розраховується за формулою:

$$T = \frac{hm \cdot 10^4}{S}, \text{ Па} \quad (2.1)$$

де h – середнє значення ординати діаграми (мм);
 m – масштаб пружини (за тарувальною характеристикою, наприклад, $m = 20 \text{ Н/мм}$);

S – площа основи наконечника (стандартне значення $S = 3,14 \text{ см}^2$).

Для оцінки фізико-механічних властивостей ґрунту застосовується коефіцієнт об'ємного зминання:

$$q = \frac{P_A}{S \cdot l_A}, \text{ Н/см}^3 \quad (2.2)$$

де P_A – зусилля, необхідне для заглиблення наконечника до межі пропорційності (Н);

$$P_A = hm, \text{ Н} \quad (2.3)$$

l_A – глибина проникнення наконечника, що відповідає P_A (см).

Середні значення коефіцієнта об'ємного зминання:

- свіжозораний ґрунт – 1-2 Н/см³;
- стерня, пари, луги – 5-10 Н/см³;
- ґрунтова дорога – 50-100 Н/см³.

Робота зминання на ділянці ОА визначається за формулою:

$$A = \frac{P_A \cdot l_A}{2}, \text{ Дж} \quad (2.4)$$

Залежно від значення твердості ґрунт класифікується так:

- більше 10 МПа – злитий ґрунт;
- 5-10 МПа – дуже щільний;
- 3-5 МПа – щільний;
- 2-3 МПа – щільнуватий;
- 1-2 МПа – крихкуватий;
- менше 1 МПа – крихкий.

Між твердістю та питомим опором ґрунту при оранці існує пряма пропорційна залежність: чим більша твердість, тим вищий питомий опір обробітку.

3. Зміст роботи

Використовуючи твердомір, отримати кілька діаграм твердості ґрунту (не менше 3-5 повторень). Виконати обробку отриманих графіків, провести математичний аналіз результатів, оформити звіт.

4. Обладнання, прилади, матеріали

Для проведення дослідження необхідні:

- твердомір;
- штангенциркуль;
- ґрунтовий зразок;
- міліметровий папір.

Твердомір (рис.2.2) містить наступні основні компоненти:

1. Дві напрямні штанги;
2. Телескопічна штанга зі змінним наконечником;
3. Пружина;
4. Планка для кріплення паперу;
5. Записувальний пристрій.

Цей прилад дає можливість отримати точні вимірювання та аналізувати фізико-механічні властивості ґрунту в різних умовах.

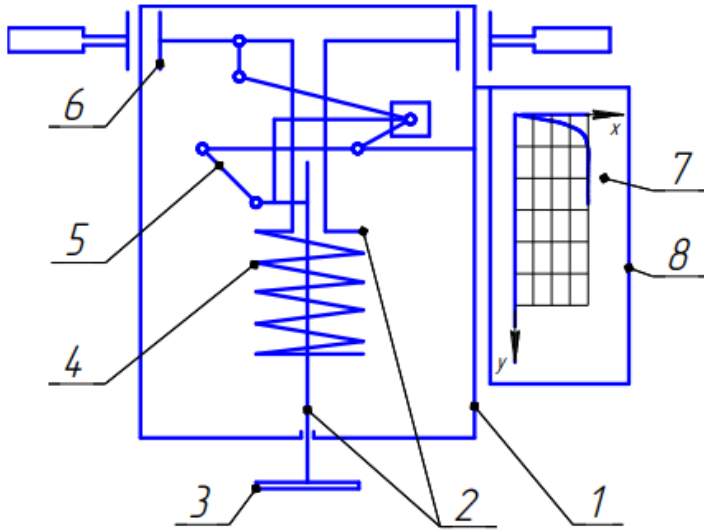


Рис. 2.2 - Схема твердоміра Ю.Ю. Ревякіна : 1 – напрямна штанга; 2 – телескопічна штанга; 3 – наконечник; 4 – пружина; 5 – записувальні ланки; 6 – тримачі; 7 – лист міліметрівки; 8 – планка

Порядок виконання роботи

1. Записати 3-5 графіків (діаграм) твердості ґрунту.

2. Оскільки твердість ґрунту змінюється з глибиною, необхідно провести вимірювання на трьох рівнях: 0-10 см, 10-20 см та 20-30 см. У межах кожного інтервалу, з кроком 2 см, визначити значення параметра h за діаграмою. За потреби можна змінити інтервали глибини або величини h . Обчислити значення h_i , $\bar{x}$, G , V , T та занести отримані дані в таблицю 2.1.

3. Виконати аналіз отриманих результатів за допомогою методів математичної статистики: розрахувати середнє арифметичне $\bar{x}$, середнє квадратичне відхилення G та коефіцієнт варіації V .

4. Обчислити коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту q .

Звіт

Скласти короткий опис виконаної роботи, додати схему та характеристику твердоміра, записати використані формули та розрахунки, представити отримані результати у вигляді таблиці. На основі отриманих даних сформулювати висновки щодо твердості та коефіцієнта об'ємного зминання ґрунту.

Контрольні запитання

1. Опишіть основні фази діаграми, отриманої під час вимірювання твердості ґрунту.

2. Яка формула використовується для визначення твердості ґрунту?

3. Як обчислюється коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту?

4. У яких одиницях вимірюється твердість ґрунту та коефіцієнт його об'ємного зминання?

5. Опишіть конструкцію та принцип роботи твердоміра.

6. Які фактори впливають на твердість ґрунту, і як вони змінюють її значення?

7. Як зміна вологості ґрунту впливає на його твердість?

8. Які методи використовуються для оцінки механічних властивостей ґрунту?

9. Чому твердість ґрунту змінюється з глибиною, і які наслідки це має для обробітки землі?

10. Як отримані результати можуть бути використані в сільському господарстві та будівництві?

Таблиця 2.1

Результати вимірювання твердості ґрунту.

Результати вимірювання твердості ґрунту:																		
1	Глибина, см	0-10						11-2						21-30				
2	Заглиблення наконечника l, см	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	
3	Ордината діаграми h_i , мм	0	4	10	7.9	11.	12.	12.	12.	13.	13.	14.	14.	14.	15.	15.	16.	
4	Середня арифметична величина x , мм																	
5	Середнє квадратичне відхилення G , мм																	
6	Коефіцієнт варіації V , %																	
7	Твердість ґрунту T , Па																	
8	Коефіцієнт об'ємного зминання q , Н/см ³																	

Лабораторно-практична робота № 3

Тема: Дослідження характеристик зовнішнього тертя сільськогосподарських матеріалів на різних поверхнях

1. Мета роботи.

Дослідити статичний і динамічний коефіцієнти тертя сільськогосподарських матеріалів при взаємодії з різними поверхнями, оцінити отримані результати та визначити фактори, що впливають на зміну цих характеристик.

2. Теоретичні основи

Зовнішнє тертя відіграє важливу роль у сільськогосподарських технологіях, зокрема в процесах обробки ґрунту, транспортування матеріалів та експлуатації технічних засобів. Одним із прикладів взаємодії тертя є рух ґрунту по сталій поверхні.

Ґрунт — це верхній родючий шар земної кори, стан і родючість якого залежать від правильного обробки. Для ефективного ведення сільського господарства необхідно знати його фізичні та механічні властивості, зокрема характеристики тертя. Визначення коефіцієнтів тертя дозволяє підбирати оптимальні способи обробки ґрунту та зменшувати енергетичні витрати в процесі роботи ґрунтообробних машин.

Фрикційні властивості ґрунту характеризуються коефіцієнтом тертя f . Високі значення f збільшують енергетичні витрати на подолання опору ґрунту при русі сільськогосподарської техніки, що може сягати 30-50% загальних втрат енергії. Водночас, тертя між колесами машин та ґрунтом зменшує буксування та сприяє кращому зчепленню техніки з поверхнею.

Коефіцієнт тертя залежить від таких факторів:

- вологості ґрунту (при її збільшенні f також зростає);
- типу поверхні (шорстка поверхня збільшує тертя, полімерні матеріали зменшують його);

- наявності зовнішніх впливів (вібрація, подача води або електричних потенціалів зменшує f).

Розрізняють статичний (f_c) і динамічний (f_d) коефіцієнти тертя. Статичний коефіцієнт визначають у момент, коли тіло починає рухатися, тоді як динамічний — у процесі рівномірного руху.

За законом Амонтона (1699), сила тертя F пропорційна силі нормального тиску N :

$$F = fN = tg\varphi N \quad (3.1)$$

де N – нормальна сила (Н);

f – коефіцієнт тертя;

φ – кут тертя.

Коефіцієнт тертя f зростає із підвищенням вологості ґрунту. Найбільше збільшення коефіцієнта тертя спостерігається, коли вологість ґрунту досягає 50-60 % від його капілярної вологості. У цей момент часто відбувається налипання ґрунту на поверхню матеріалу. Для природних ґрунтів коефіцієнт тертя на сталевих поверхнях може варіюватися в широких межах — від 0,2 до 0,8 і навіть більше.

Величина коефіцієнта тертя залежить від кількох факторів: стану робочої поверхні (шліфувана чи не шліфувана), матеріалу, з якого виготовлена робоча поверхня (полімери зазвичай мають нижчий коефіцієнт тертя). Також значно знижують коефіцієнт тертя такі технології, як використання вібраційних робочих органів, подача води на робочу поверхню та підведення електричних потенціалів.

Існує два основні типи коефіцієнтів тертя: статичний $f_{ст}$ та динамічний $f_{д}$. Статичний коефіцієнт тертя, або коефіцієнт тертя спокою, визначається в момент, коли тіло переходить з стану спокою в стан руху. Це відбувається, коли сила руху стає рівною максимальному значенню сили тертя. У випадку тіла, яке знаходиться на похилій площині, воно намагається утримуватися на ній завдяки силі тертя, що врі-

вноважує складову сили гравітації. У момент початку ковзання тіла по площині виконується рівняння, яке описує баланс сил.

$$Y \sin \alpha = F_{c \max} \quad (3.2).$$

де Y – сила тяжіння (гравітації) тіла, Н;

α - кут нахилу площини, град;

$F_{c \max}$ - сила тертя, Н.

$$F_{c \max} = fN = tg \varphi_c Y \cos \alpha, \quad (3.3)$$

де f_c і φ_c - відповідно статичний коефіцієнт і кут тертя (град.);

N – сила реакції опори тіла, Н

Отже:

$$Y \sin \alpha = tg \varphi_c Y \cos \alpha \quad (3.4)$$

$$\varphi_c = \alpha \quad (3.5)$$

$$f_c = tg \alpha$$

$$\varphi_c = \arctg f_c \quad (3.6)$$

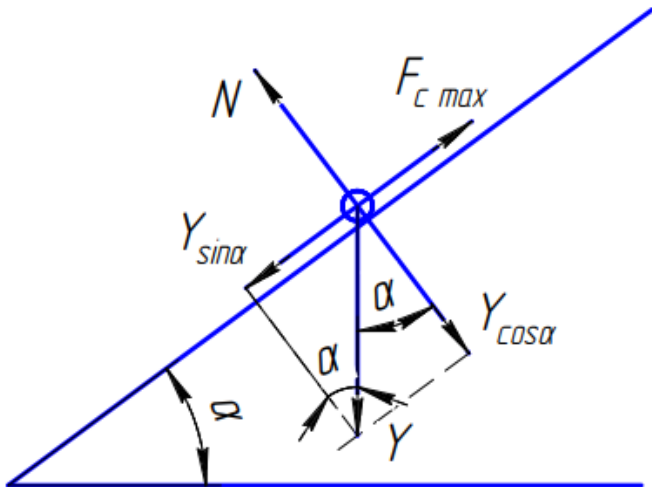


Рисунок 3.1 - До визначення статичного коефіцієнта тертя

Для визначення динамічного коефіцієнта тертя використовують наступні теоретичні положення. Між максимальним значенням сили тертя F_d і силою нормального тиску N існує така залежність:

$$F_{d\max} = f_d N, \quad (3.7)$$

де f_d — це динамічний коефіцієнт тертя.

Кут між напрямками сил N і F_d завжди складає 90° (див. рис. 3.2). Якщо додати сили N і F_d , то результуюча сила R відхилиться від напрямку вектора N на певний кут. З рис. 3.2 видно, що:

$$\begin{aligned} F_{d\max} &= N \cdot \operatorname{tg} \varphi_d \\ f_d &= \operatorname{tg} \varphi_d \end{aligned} \quad (3.8)$$

Таким чином, для визначення динамічного коефіцієнта тертя потрібно знати напрямки рівнодійної сили R і нормальної сили N . Напрямок сили R можна визначити під час взаємного руху двох тіл тертя.

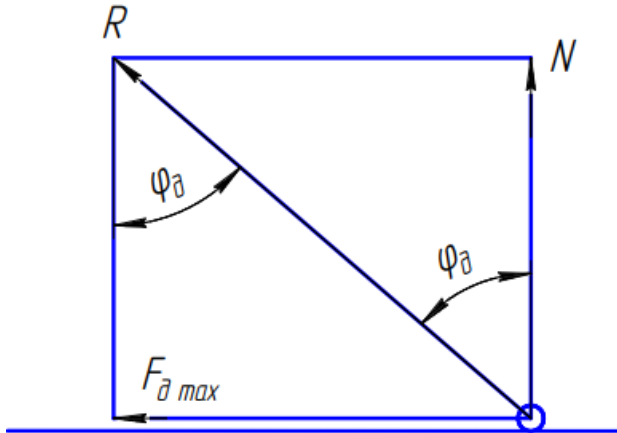


Рис. 3.2 - До визначення динамічного коефіцієнта тертя

Зміст роботи

1. Визначити статичний та динамічний коефіцієнти тертя для різних сільськогосподарських матеріалів, використовуючи різні типи поверхонь.

2. Порівняти отримані значення статичних та динамічних коефіцієнтів для однакових пар тертя.

3. Оцінити вплив матеріалу, вологості та стану поверхонь на результати дослідження.

Обладнання та матеріали

Для виконання досліджень використовують:

- прилади для визначення статичного та динамічного коефіцієнтів тертя,
- зразки сільськогосподарських матеріалів,
- пластини з різних матеріалів (сталь, полімери, гумові покриття тощо),
- косинець, транспортир, папір, кнопки.

Для визначення статичного коефіцієнта тертя застосовується прилад, що складається з горизонтальної плити, похилої площини з регульованим кутом нахилу та зразка досліджуваного матеріалу.

Динамічний коефіцієнт тертя визначають за допомогою приладу Желіговського, який складається з рухомої лінійки, каретки та системи фіксації траєкторії руху.

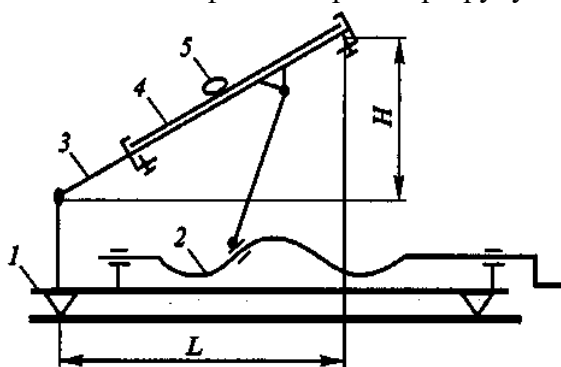


Рис. 3.3 - Схема приладу для визначення статичного коефіцієнта тертя

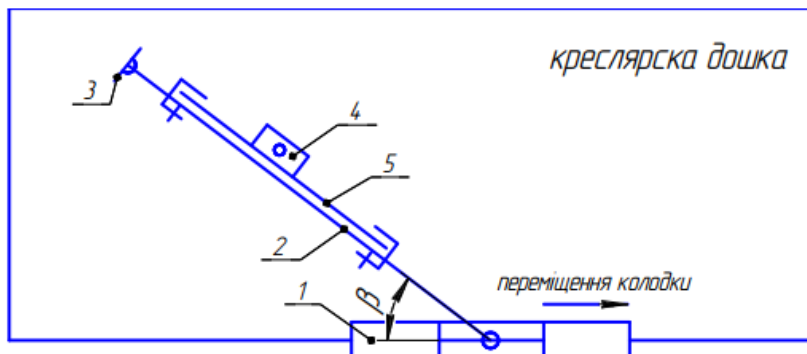


Рисунок 3.4 - Схема приладу для визначення динамічного коефіцієнта тертя

Обробка результатів та висновки

Отримані значення коефіцієнтів тертя заносяться у таблиці, після чого проводиться аналіз даних. Робляться висновки щодо впливу матеріалів, вологості та поверхневих характеристик на тертя.

Визначення статичного та динамічного коефіцієнтів тертя дозволяє оптимізувати роботу сільськогосподарської техніки, зменшити енергетичні витрати та покращити ефективність обробки ґрунту.

Перед початком експерименту один із досліджуваних матеріалів прикріплюється до лінійки, а інший матеріал фіксується в каретці 4. Лінійку необхідно закріпити під певним кутом до колодки 1. Каретка 4 оснащена олівцем для запису траєкторії її руху. Під час переміщення колодки вздовж краю креслярської дошки лінійка 2 приводить у рух каретку 4. Якщо кут $\beta < \pi/2 - \phi_d$ (див. рис. 3.5), під час руху лінійки матеріали будуть взаємно дотикатися, внаслідок чого між ними виникатиме сила тертя, а олівець на приладі буде креслити напрямок рівнодійної сили. Після зняття каретки з приладу, потрібно продовжити напрямку лінійки та встановити перпендикуляр до цього напрямку в точці перетину з траєкторією руху каретки.

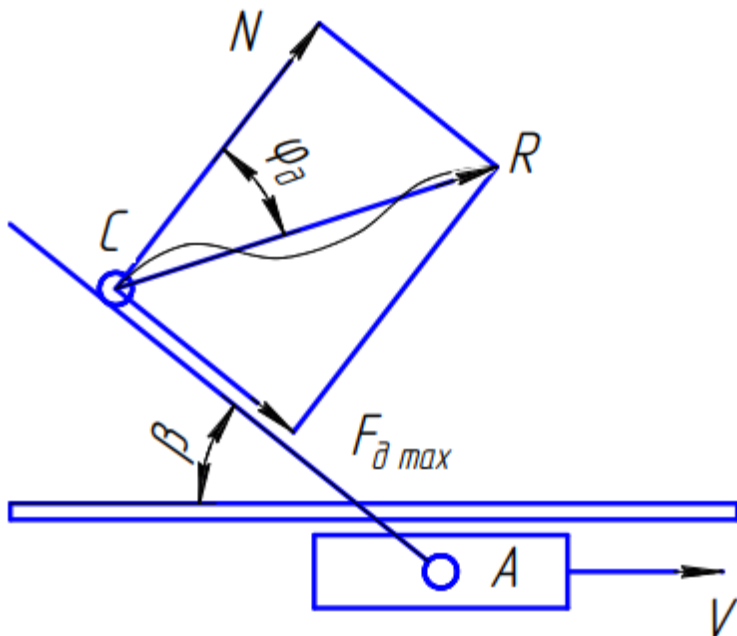


Рис.3.5 - До визначення динамічного кута тертя

Порядок виконання роботи

5.1 Визначення статичного коефіцієнта тертя

1. Закріпити на похилій площині 3 (див. рис. 3.3) пластину 4 з досліджуваним матеріалом і, обертаючи рукоятку гвинта 2, встановити площину 3 в положення, близьке до горизонтального.
2. Помістити на пластину досліджуваний матеріал 5.
3. Повільно обертаючи рукоятку гвинта 2, збільшити кут нахилу площини 3 до початку ковзання досліджуваного матеріалу 5.
4. Виміряти величини N та L (див. рис. 3.3).
5. Обчислити статичний коефіцієнт тертя за формулою:

$$f_{ci} = \operatorname{tg} \alpha_i = \frac{H}{L} \quad (3.9)$$

6. Повторити дослід 4 рази для кожної пари тертя. Результати записати в таблицю 3.1.

7. Оцінити значення статичного коефіцієнта тертя $f_{ст}$, визначити середнє арифметичне значення $\bar{x}$ (1.1), середнє квадратичне відхилення G (1.2) та коефіцієнт варіації V (1.3).

8. Визначити середнє значення статичного кута тертя за формулою:

$$\varphi_c = \operatorname{arctg} f_c \quad (3.10)$$

9. Результати вимірювань і обчислень записати в таблицю 3.1.

5.2 Визначення динамічного коефіцієнта тертя

1. Закріпити пластину 5 з досліджуваним матеріалом на лійці 2 (див. рис. 3.4).

2. Закріпити на креслярській дошці аркуш паперу.

3. Встановити лійку 2 під кутом $\beta < \pi/2 - \varphi_d$ і закріпити її на колодці.

4. Розмістіть прилад на креслярській дошці, точно сумістивши колодку з її краєм.

5. Помістіть досліджуваний матеріал у каретку приладу і підведіть каретку до пластини, яка закріплена на лійці.

6. Повільно переміщуйте колодку приладу вздовж краю креслярської дошки. Під час цього олівець каретки буде записувати траєкторію її руху.

7. Зніміть каретку з приладу, продовжте напрямок лійки і встановіть перпендикуляр до цього напрямку в точці перетину з траєкторією руху каретки (див. рис. 3.5). Кут між нормальною силою та траєкторією руху каретки буде кутом тертя φ_d .

8. Використовуючи транспорт, виміряйте кут тертя φ_d . Повторіть експеримент 4 рази для кожної пари тертя. Результати вимірювань запишіть у таблицю 3.2.

9. Оцініть значення динамічного кута тертя φ_d , визначте середнє арифметичне значення x , середнє квадратичне відхилення GG і коефіцієнт варіації V .

10. Обчисліть середнє значення динамічного коефіцієнта тертя за формулою:

$$f_d = \operatorname{tg} \varphi_d \quad (3.11)$$

Результати вимірювань і обчислень занесіть до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Результати вимірювань і обчислень динамічного коефіцієнта тертя.

Таблиця 3.1

**Результати вимірювань і обчислень статичного
коефіцієнта тертя**

1	Пари тертя	Грунт - сталь			
2	Номер досліджу	1	2	3	4
3	L, мм				
4	H, мм				
5	f_{ci}				
6	f_c				
7	G				
8	V, %				
9	φ_c , град				

Таблиця 3.2

Результати вимірювань і обчислень динамічного коефіцієнта тертя

1	Пари тертя	Грунт - сталь			
2	Номер досліду	1	2	3	4
3	β , град				
4	$\phi_{ді}$, град				
5	$\phi_{д}$, град				
6	G, град				
7	V, %				
8	$f_{д}$				

Звіт

Навести короткий зміст виконаної роботи, а також представити схеми, опис приладів, формули, розрахунки, а також результати вимірювань і обчислень для статичного та динамічного коефіцієнтів тертя (див. таблиці 3.1 і 3.2). Наприкінці слід зробити висновки щодо отриманих результатів.

Контрольні запитання

1. Як визначаються статичний і динамічний коефіцієнти тертя, і чим вони відрізняються один від одного?
2. Які фактори впливають на величину статичного коефіцієнта тертя сільськогосподарських матеріалів?
3. Чому кут тертя спокою визначається через кут нахилу площини при переході зразка в рух?
4. Як можна розрахувати динамічний коефіцієнт тертя за допомогою вимірювання кута тертя?
5. Опишіть основні принципи роботи приладів, які використовуються для визначення статичного та динамічного коефіцієнтів тертя сільськогосподарських матеріалів.

6. Які етапи потрібно пройти під час виконання експерименту для визначення статичного коефіцієнта тертя?
7. Як визначити значення середнього квадратичного відхилення і коефіцієнта варіації на основі отриманих результатів?
8. Як застосовуються теоретичні положення для обчислення сили тертя в експерименті?
9. Які фізичні принципи лежать в основі закону Амонтона і як вони впливають на практичні вимірювання тертя?
10. Яким чином зміна робочої поверхні може вплинути на коефіцієнт тертя?
11. Які методи і технічні заходи допомагають зменшити коефіцієнт тертя між контактуючими матеріалами?
12. Як можна застосувати результати вимірювань статичного і динамічного коефіцієнтів тертя в сільськогосподарській техніці для покращення її ефективності?

Лабораторно-практична робота №4

Тема: Визначення тягового зусилля трактора

1. Мета роботи

Метою роботи є освоєння методики кількісної оцінки впливу потужності двигуна, вибраної передачі та конструкції ходової частини на тягові характеристики трактора, враховуючи агрофон, стан ґрунту та нахил місцевості.

2. Теоретична частина

Показники роботи тракторів визначаються при русі на кожному агрофоні окремо. Розрахунки для різних передач проводять за наведеним нижче порядком.

Номінальну дотичну силу тяги $P_{дРд}$ на ободі ведучого колеса обчислюють для кожної з передач трактора за формулою:

$$P_{д} = \frac{10 \cdot N_{ен} \cdot i_{тр} \cdot \eta_{м}}{n_{H} \cdot r_{к}} \quad (4.1)$$

де $N_{ен}$ – номінальна потужність двигуна, кВт (таблиця 5.2 – для колісних тракторів, таблиця 5.3 – для гусеничних);

$i_{тр}$ – передаточне число трансмісії (таблиці 5.2, 5.3);

$\eta_{м}$ – механічний коефіцієнт трансмісії (для колісних тракторів $\eta_{м}=0.91...0.92$, для гусеничних з урахуванням втрат на тертя в шарнірах гусениці $\eta_{м}=0.86...0.88$, для трактора ДТ-175С при увімкненому гідротрансформаторі $\eta_{м}=0.86$, заблокованому - $\eta_{м}=0.96$;

n_{H} – номінальна частота обертання колінчастого вала, $хв^{-1}$ (таблиці 4.2, 4.3);

$r_{к}$ – радіус кочення ведучого колеса (зірочки) трактора, м (таблиці 4.2, 4.3).

Для колісних тракторів на пневматичних шинах:

$$r_{к} = r_0 + h \cdot \lambda \text{ м} \quad (4.2)$$

де r_0 – радіус обода колеса, м (таблиці 4.2);

h – висота профілю шини, м (таблиці 4.2);

λ – коефіцієнт усадки ведучих коліс для пневматичних шин низького тиску (0.75 ... 0.80).

Нормальну силу зчеплення P_3 ведучого механізму трактора з ґрунтом розраховують за формулою:

$$P_3 = \mu \cdot G_3, \text{ кН} \quad (4.3)$$

де μ – коефіцієнт зчеплення ведучого механізму з ґрунтом (таблиця 4.4);

G_3 – сила тяжіння трактора, що припадає на ведучі колеса (зчіпна вага трактора), кН (таблиці 4.2, 4.3).

Для колісного трактора з однією ведучою віссю:

$$G_3 \approx \frac{2}{3} G, \text{ кН} \quad (4.4)$$

де G – експлуатаційна вага трактора, кН.

Для гусеничних та колісних повнопривідних тракторів $G_3=G$.

Рушійну силу $P_{\text{руш}}$ знаходять за порівнянням значень номінальної дотичної сили P_d та номінальної сили зчеплення P_3 (враховуючи умови ґрунту). Рушійна сила $P_{\text{руш}}$ дорівнює мінімальній з цих сил: $P_d \geq P_{\text{руш}} \leq P_3$

При $P_d \leq P_3$ зчеплення достатнє, і $P_{\text{руш}}=P_d$, а при $P_d > P_3$ зчеплення недостатнє, і $P_{\text{руш}}=P_3$. У першому випадку повністю використовується сила P_d , у другому – тільки частина, яка дорівнює P_3 .

Опір пересування трактора визначається за формулою:

$$P_f = fG, \text{ кН} \quad (4.5)$$

де f – коефіцієнт опору кочення трактора (таблиця 4.4).

Опір руху трактора P_α на місцевості з кутом схилу α обчислюють:

$$P_\alpha = G \sin \alpha = G \cdot \frac{h}{l} \approx G \cdot \frac{i}{100}, \text{ кН} \quad (4.6)$$

де α – схил місцевості, град.;

h, l – відповідно висота та довжина підйому, м;
 i – нахил місцевості, %.

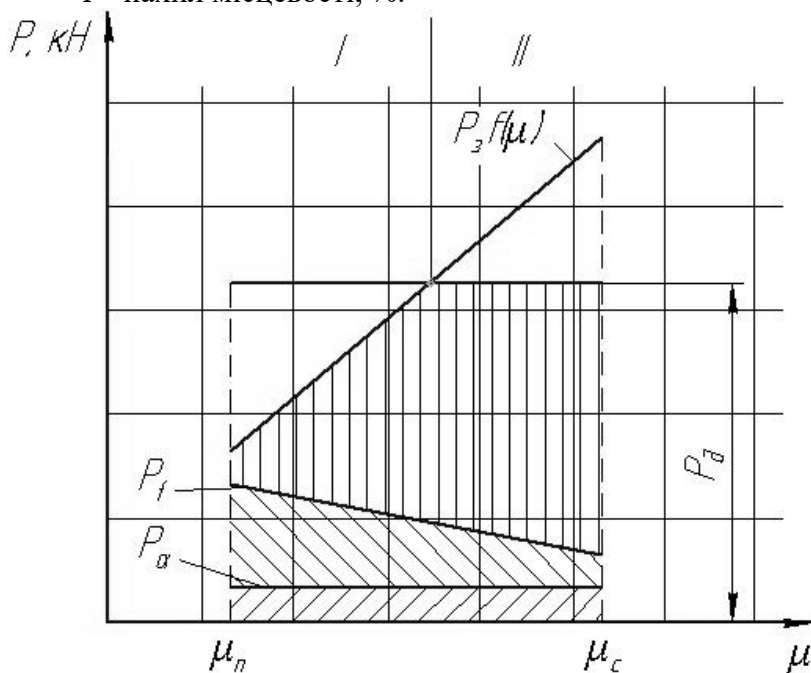


Рис. 4.1 - Графік тягового балансу трактора. I – зона недостатнього зчеплення ($P_d > P_z$); II – зона достатнього зчеплення ($P_d \leq P_z$)

Тягове зусилля трактора на кожній з передач визначається за формулою:

$$P_m = P_{\text{пущ}} - P_f \pm P_\alpha, \text{кН} \quad (4.7)$$

де знак "+" ставиться при русі трактора вгору, а "-" – при русі вниз.

Графік тягового балансу трактора (рис. 4.1) будуть в прямокутних координатах. По осі абсцис відображають значення коефіцієнта зчеплення μ , а по осі ординат – значення складових тягового балансу P_d, P_z, P_f, P_α для двох

станів поля при роботі на одній передачі. На графіку відмічаються зони достатнього та недостатнього зчеплення, а також сила тяги трактора P_t .

Порядок виконання роботи

1. Розрахунок тягового зусилля трактора

Використовуючи вихідні дані, наведені в таблиці 4.1 відповідно до варіанту, необхідно виконати обчислення тягового зусилля трактора для двох передач та двох агрофонів. Для цього потрібно розрахувати:

- Номінальну дотичну силу тяги P_d .
- Нормальну силу зчеплення P_z ведучого механізму трактора з ґрунтом.

○ Силу опору пересування трактора P_f .

○ Силу, що витрачається на подолання підйому P_a .

2. Визначення рушійної сили

Встановити значення рушійної сили $P_{руш}$ для двох передач та агрофонів.

3. Обчислення тягового зусилля трактора

За допомогою формули (4.7) визначити тягове зусилля трактора P_t для вихідних умов:

де

- $P_{руш}$ – рушійна сила, кН;
- P_f – опір коченню трактора, кН;
- P_a – опір руху трактора, кН.

4. Запис висновку

На основі отриманих результатів, зробіть відповідний висновок.

Приклад розрахунку

Вихідні дані для варіанту:

- Марка трактора: Т-150
- Агрофон: стерня нормальної вологості – 3 фон, свіжозоране поле – 6 фон
- Передачі: друга і четверта
- Схил місцевості у сотих частках: 3%

Для визначення тягового зусилля трактора на кожній з передач використовуємо формулу (4.7):

$$P_m = P_{руш} - P_f - P_\alpha$$

Заміщаємо значення рушійної сили $P_{руш}$, опору коченню P_f і опору руху P_α , отримані в результаті попередніх розрахунків, та обчислюємо загальне тягове зусилля для кожної передачі.

Таблиця 4.1.

Варіанти завдань для розрахунку тягових властивостей трактора

Варіант	Марка трактора	Агрофон	Передача	Похил місцевості%
1	T-16M	Тверда дернина: Поле, підготовлене до сівби	1.4	2
2	T-25A	-	1.3	3
3	T-40M	-	2,4	2
4	T-40AM	-	2,4	3
5	ЮМЗ-6АЛ	-	1.3	2
6	ЮМЗ-6АЛ	-	2,4	3
7	МТЗ-80	-	3,6	2
8	МТЗ-82	-	3,6	3
9	T-150K	-	1.4	2
10	T-150K	-	2,4	3
11	K-701	-	3-1p,2p	2
12	K-701	-	3-2p,4p	3
13	T-70C	-	2,4	2
14	ДТ-75	-	1.4	3
15	T-150	-	1.3	2
16	T-16M	Стерня нормальної вологості; Свіжозоране поле	2,4	3
17	T-25A	-	2,4	2
18	T-40M	-	3,5	3
19	T-40AM	-	3,5	2
20	ЮМЗ-6АЛ	-	2,3	3
21	МТЗ-80	-	2,5	2
22	МТЗ-82	-	2,5	3
23	МТЗ-82	-	3,4	2
24	T-150K	-	2,4	3
25	T-150K	-	3,5	2

Таблиця 4.2

Короткі технічні характеристики колісних тракторів

Показник	T-16M	T-25A	T-40M	T-40AM	ЮМЗ-6Л	МТЗ-80	МТЗ-82	T-150K	K-701
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номінальна потужність двигуна Нен , кВт	14,7	18,4	36,8	36,8	44,2	58,9	58,9	121,3	221,0
Номінальна частота обертання колінчастого вала двигуна пн, хв ⁻¹	1600	1800	1800	1800	1750	2200	2200	2100	1900
Експлуатаційна вага трактора Стр, кН	19,0	17,6	26,3	28,2	33,3	31,5	33,5	76,0	131,3
Витрата пального за годину Ггод , кг/год	3,8	4,75	9,5	9,5	11,2	15,2	15,2	31,4	54,0
Число (шт.) і маса додаткових вантажів, кг	2x20	2x20	11x20	-	4x32	4x32	4x32		
Радіус r0 сталюого ободу коліс, м	0.406	0.406	0.483	0.483	0.483	0.483	0.483	0.305	0.332
Висота h профілю шин ведучих коліс, м	0,216	0,216	0,262	0,262	0,305	0,305	0,395	0,395	0,52
Колія, м	1,2-1,8	1,2-1,5	1,2-1,8	1,2-1,8	1,3-1,9	1,2-1,8	1,2-1,8	1,7-1,9	2,1
Передача\трактор	2	3	4	5	6	7	X	9	10
1	97,0	63,6	260,0	260,0	62,0	241,9	241,9	64,9	1p-175,2 2p-71,7

									3p-64,7 4p-26,4
2	78,0	50,3	68,7	68,7	52,31	142,0	142,0	55,41	1p-145,4 2p-59,6 3p-53,7 4p-21,9
3	64,0	43,4	57,6	57,6	42,67	83,5	83,5	48,61	1p-121,3 2p-49,5 3p-44,5 4p-18,2
4	54,0	34,2	49,0	49,0	25,15	68,0	68,0	41,4	-
5	27,0	27,3	41,8	41,8	19,0	57,4 69,81	57,4 75,8	29,8 75,8	-
6	19,0	18,2	22,6	22,6	-	49,0 64,8	49,0 64,8	25,2	-
7	-	-	15,8	15,8	-	39,9 52,7	39,9 52,7	22,2	-
8	-	-	-	-	-	33,7 44,5	33,7 44,5	19,0	-
9	-	-	-	-	-	18,1	18,1	-	-
Розрахункові швидкості руху (без врахування буксування) на передачах, км/год									
1	4,89	6,4	1,82	1,82	7,6	2,5	2,5	7,45	1p-3,51 2p-8,57 3p-9,51 4p-23,26
2	6,25	8,1	6,9	6,9	9,0	4,26	4,26	8,53	1p-4,23 2p-10,33 3p-11,47 4p-28,04
3	7,62	9,4	8,22	8,22	11,1	7,24	7,24	10,08	1p-5,09 2p-12,44 3p-13,81 4p-33,75
4	9,02	11,9	9,69	9,69	19,0	8,9	8,9	13,38	-
5	14,57	14,9	11,32	11,32	24,5 6,8	10,54 7,97	10,54 7,97	16,25	-
6	20,60	21,9	20,96	20,96	-	12,33 9,33	12,33 9,33	18,65	-
7	-	-	30,00	30,00	-	15,15 11,46	15,15 11,46	22,00	-

8	-	-	-	-	-	17,95 13,58	17,95 13,58	30,07	-
9	-	-	-	-	-	33,39	33,39	-	-
Сила тяги по передачам, кН									
1	7,00	7,74	11,00	13,20	14,00	14,0	14,00	45,00	1p-65,0 2p-62,8 3p-55,96 4p-19,04
2	5,89	5,76	10,45	11,00	12,50	14,00	14,00	41,00	1p-65,00 2p-51,00 3p-45,29 4p-14,61
3	4,49	4,70	8,45	9,60	9,60	14,00	14,00	33,25	1p-65,00 2p-41,25 3p-36,51 4p-11,10
4	3,49	3,38	6,45	7,20	4,30	14,00	14,00	23,60	-
5	2,35	2,36	-	-	2,65 14,00	11,50	11,50	21,90	-
6	1,41	1,06	-	-	-	9,50	9,50	19,05	-
7	-	-	-	-	-	7,50	7,50	15,80	-

Таблиця 4.3

Короткі технічні характеристики гусеничних тракторів

Показник	Т-70С	ДТ-75	ДТ-75М	ДТ-175С	Т-150
1	2	3	4	5	6
Номінальна потужність двигуна, Не н, кВт	51,5	55,1	66,1	125	110,4
Номінальна частота обертання колінчастого вала двигуна, нн хв ⁻¹	2100	1700	1750	1900	2000
Витрата пального за годину, Gгод, кг/год	15,2	14,2	17,2	31	28,6
Експлуатаційна вага трактора Gтр, кН	44,8	60,5	64	80,3	71,1
Радіус початкового кола ведучої зірочки, м	0,326	0,355	0,355	0,355	0,382
Передаточні числа трансмісії на передачах :					
1	154,6	44,36	44,36	7...16*	7,5
2	90,6	39,74	39,74	10,7...21*	32,1
3	56,4	35,69	35,69	-	29,7
4	45,8	32,14	32,14	-	27
5	38,7	28,88	28,88	-	25,1
6	33,1	25,95	25,95	-	22,2
7	26,9	21,04	21,04	-	19,7
8	22,7	-	-	-	18,1
Колія, м	1340	1330	1435	-	1435
Ширина гусениці, мм	300	390	390	-	415

Таблиця 4.4

**Коефіцієнти зчеплення μ ведучого механізму з ґрунтом
та f опору коченню рушіїв трактора**

Умова руху	Колісні трактори		Гусеничні трактори	
	μ	f	μ	f
1	2	3	4	5
Ґрунтова суха дорога	0,6...0,6	0,03...0,05	0,9	0,05...0,07
Сніжна вкатана дорога	0,3	0,03...0,05	0,6	0,05...0,07
Цілина, переліг, тверда дернина, дуже ущільнена стерня	0,7...0,9	0,03...0,06	1,0	0,05...0,07
Стерня нормальної вологості, поле після збирання кукурудзи	0,6...0,8	0,05...0,08	0,9...1,0	0,06...0,09
Волога стерня	0,5...0,7	0,07...0,10	0,9	0,07...0,11
Злежана рілля	0,5...0,6	0,7...0,12	0,7	0,06...0,08
Свіжозоране поле	0,4...0,5	0,17...0,22	0,6	0,12...0,14
Підготовлене для сівби поле, чистий пар, поле після збирання картоплі	0,5...0,7	0,15...0,20	0,5...0,7	0,7...0,12
Сухий пісок	0,3	0,15...0,20	0,4	0,7...0,12
Глибока багнюка	0,1	0,25...0,30	0,3...0,5	0,7...0,25

Примітка:

При роботі на пухких ґрунтах коефіцієнт опору коченню для тракторів з чотирма ведучими колесами на 7...15% менший за наведені значення.

Фони ґрунтів:

1. Ґрунтова дорога
2. Цілина, луг
3. Стерня
4. Підготовлене до сівби поле
5. Культивоване поле
6. Свіжозоране поле
7. Глибокий сніг
8. Глибока багнюка
9. Сухий пісок

Розрахунки:

Номінальна дотична сила тяги P_d :

Для 2-ї та 4-ї передач використовуємо формулу:

$$P_o = \frac{10 \cdot N_{en} \cdot i_{mp} \cdot \eta_m}{n_n \cdot r_k}$$

де N_{en} – номінальна потужність двигуна, кВт. $N_{en} = 110,4$ кВт (табл. 5.3);

i_{tr} - передаточне число трансмісії (табл. 5.3); на 2-й передачі $i_{tr} = 32,1$; на 4-й передачі $i_{tr} = 27$;

η_m – механічний коефіцієнт трансмісії (приймаємо $\eta_m = 0,88$);

n_n – номінальна частота обертання колінчастого вала, $хв^{-1}$. $n_n = 2000$ $хв^{-1}$ (табл. 5.3);

r_k – радіус кочення ведучої зірочки трактора, м. $r_k = 0,382$ м (табл. 5.3).

Для 2-ї передачі:

$$P_{o2} = \frac{10 \cdot 110,4 \cdot 32,1 \cdot 0,88}{2000 \cdot 0,382} = 40,82 \text{ кН}$$

Для 4-ї передачі:

$$P_{\partial 4} = \frac{10 \cdot 110,4 \cdot 27 \cdot 0,88}{2000 \cdot 0,382} = 34,33 \text{ кН}$$

Нормальна сила зчеплення P_z :

$$P_z = \mu \cdot G_z$$

Для стерні нормальної вологості ($\mu_3=0,9$) та свіжозораного поля ($\mu_6=0,6$):

Для стерні:

$$P_z^3 = 0,9 \cdot 71,1 = 63,99 \text{ кН}$$

Для свіжозораного поля:

$$P_z^6 = 0,6 \cdot 71,1 = 42,66 \text{ кН}$$

Рушійна сила $P_{руш}$:

Порівнюємо значення P_d і P_z :

На стерні нормальної вологості ($\mu_3=0,9$):

Для 2-ї передачі

$$P_{руш2}^3 = 40,82 \text{ кН}$$

$$P_z^3 = 63,99 > P_{д2} = 40,82 \text{ (зчеплення достатнє).}$$

Для 4-ї передачі

$$P_{руш4}^3 = 34,33 \text{ кН}$$

$$P_z^3 = 63,99 > P_{д4} = 34,33 \text{ (зчеплення достатнє).}$$

На свіжозораному полі ($\mu_6=0,6$):

Для 2-ї передачі

$$P_{руш2}^6 = 40,82 \text{ кН}$$

$$P_z^6 = 42,66 > P_{д2} = 40,82 \text{ (зчеплення достатнє).}$$

Для 4-ї передачі

$$P_{руш4}^6 = 34,33 \text{ кН}$$

$$P_z^6 = 42,66 > P_{д4} = 34,33 \text{ (зчеплення достатнє).}$$

Опір коченню P_f :

$$P_f = fG$$

Використовуємо коефіцієнти опору коченню для різних агрофонів:

де G – сила тяжіння трактора, яка припадає на ведучі колеса, кН. $G=71,1$ кН (табл. 4.3);

f – коефіцієнт опору кочення трактора (табл. 4.4) $f_3 = 0,08$ – для стерні нормальної вологості, $f_6 = 0,13$ – для свіжозораного поля.

Для стерні:

$$P_f^3 = 0,08 \cdot 71,7 = 5,7 \text{ кН}$$

Для свіжозораного поля:

$$P_f^6 = 0,13 \cdot 71,7 = 9,2 \text{ кН}$$

Опір руху P_α визначимо за формулою (5.6):

За умовою, що трактор рухається угору:

$$P_\alpha = 71,1 \cdot 3 / 100 = 2,133 \text{ кН}$$

Тягове зусилля P_T :

На стерні нормальної вологості при $\mu=0,9$:

Для 2-ї передачі:

$$P_{m2}^3 = P_{руш2} - P_f^3 - P_\alpha = 40,82 - 9,2 - 2,133 = 29,487 \text{ кН}$$

Для 4-ї передачі:

$$P_{m4}^3 = P_{руш4} - P_f^3 - P_\alpha = 34,33 - 9,2 - 2,133 = 22,997 \text{ кН}$$

На свіжозораному полі при $\mu=0,6$:

Для 2-ї передачі:

$$P_{m2}^6 = P_{руш2} - P_f^6 - P_\alpha = 40,82 - 9,2 - 2,133 = 29,487 \text{ кН}$$

Для 4-ї передачі:

$$P_{m4}^6 = P_{руш4} - P_f^6 - P_\alpha = 34,33 - 9,2 - 2,133 = 22,997 \text{ кН}$$

Графік тягового балансу:

На графіку тягового балансу (рис. 4.2) відображено значення складових тягового балансу для двох агрофонів і двох передач. Зони достатнього та недостатнього зчеплення на графіку дозволяють візуалізувати ефективність тягового зусилля трактора в залежності від умов.

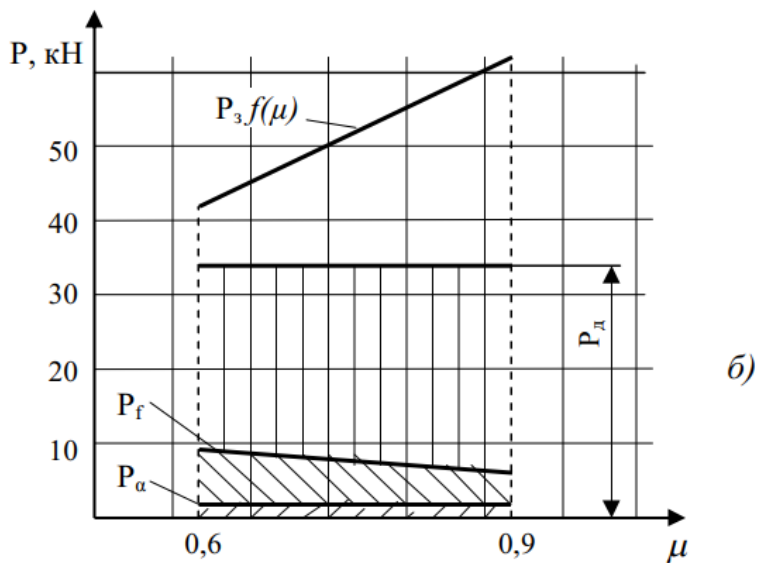
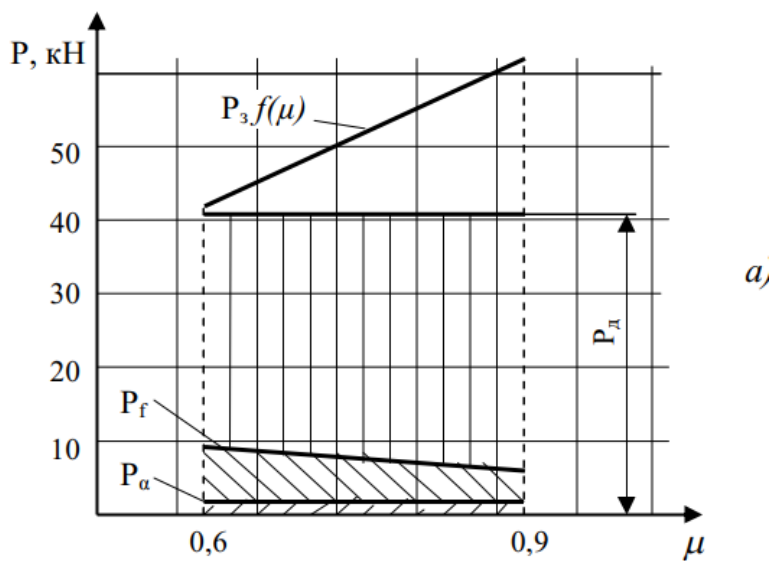


Рис. 4.2 - Графік тягового балансу трактора Т-150 а) на 2-й передачі; б) на 4-й передачі

Висновки:

1. Умова достатнього зчеплення рушіїв трактора виконується при русі як на стерні нормальної вологості, так і на свіжозораному полі.
2. Найбільше тягове зусилля трактор Т-150 розвиває на 2-й передачі при русі по стерні нормальної вологості, де $P_T = 32,987 \text{ кН}$

Лабораторно-практична робота № 5

Тема: Використання ймовірісно-статистичних методів для контролю якості технологічних операцій у землеробстві

Мета роботи

Ознайомлення з основними принципами застосування ймовірісно-статистичних методів для контролю якості виконання технологічних процесів у землеробстві. В ході роботи необхідно побудувати криву нормального розподілу випадкових величин $f(x)$ та проаналізувати її характеристики.

Теоретична частина

Контроль якості технологічних операцій у сільському господарстві базується на проведенні вимірювань параметрів процесу. Наприклад, оцінка якості виконання оранки здійснюється шляхом вимірювання глибини обробітку ґрунту, а оцінка якості сівби – через вимірювання глибини загортання насіння та відхилення рослин від осрової лінії рядка. Результати вимірювань формують масиви даних, які можуть містити такі значення, як глибина обробітку ґрунту (наприклад: 25; 26,3; 24,5; 25; 27,2; 25,8; 27,2 см).

Аналіз отриманих даних показує, що значення змінюються через низку факторів, зокрема нерівності поверхні ґрунту, неоднорідність щільності та вологості ґрунту по траєкторії руху агрегату. Оскільки кожне окреме вимірювання дає різний результат, такий процес є випадковим і вимагає застосування методів теорії ймовірностей.

Теорія ймовірностей вивчає закономірності випадкових явищ, що виникають у різних сферах науки і техніки. Вона оперує поняттями події, ймовірності, випадкової величини.

Основні поняття теорії ймовірностей:

Подія – це результат певного досліду, який може відбутися або не відбутися. Наприклад: поява герба при киданні монети або значення глибини оранки 25 см.

Ймовірність події визначається як відношення сприятливих випадків до загальної кількості можливих випадків:

$$P(A) = m / n \quad (5.1)$$

де m – кількість сприятливих випадків;

n – загальна кількість можливих випадків.

Частота події (або статистична ймовірність) визначається як відношення кількості дослідів, у яких відбулася подія A , до загальної кількості проведених дослідів:

$$P'(A) = m / n \quad (5.2)$$

При збільшенні кількості дослідів значення частоти стабілізується та наближається до теоретичної ймовірності.

Випадкові величини:

- **Дискретні випадкові величини** приймають окремі значення (наприклад, кількість стебел пшениці на 1 м²).

- **Безперервні випадкові величини** можуть набувати будь-яких значень у певному інтервалі (наприклад, глибина загортання насіння).

Закон розподілу випадкової величини – це співвідношення між можливими значеннями випадкової величини та відповідними їм ймовірностями. Для дискретних випадкових величин закон розподілу представлений у вигляді таблиці:

a_1	a_2	a_3	...	a_n
p_1	p_2	p_3	...	p_n

Для безперервних випадкових величин використовується функція розподілу $F(x)$, похідна якої визначає щільність розподілу ймовірностей: $f(x)=F'(x)$. Графічно щільність розподілу представлена у вигляді кривої розподілу.

Числові характеристики випадкових величин:

Середнє значення характеризує центральне значення випадкової величини, навколо якого групуються спостереження. Воно обчислюється за формулою:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \quad (5.3)$$

Стандартне відхилення показує ступінь розсіювання значень відносно середнього і визначається як:

$$G = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (5.4)$$

де x_i – поточні значення випадкової величини. Середнє значення та середнє квадратичне відхилення мають ту саму розмірність, що й відповідна випадкова величина.

Ступінь розсіювання значень випадкової величини навколо її середнього значення характеризується коефіцієнтом варіації, який визначається за формулою:

$$V = \frac{G}{\bar{x}} \cdot 100\% \quad (5.5)$$

Нормальний закон розподілу випадкових величин

Нормальний закон розподілу є одним із найбільш поширених у практиці. Його головна особливість полягає в тому, що він є граничним законом, до якого наближаються інші закони розподілу.

Графік нормального розподілу (рис. 5.1) симетричний відносно середнього значення $\bar{x}$, а його розташування на осі абсцис визначається цим середнім значенням. Форма кривої нормального розподілу залежить від величини середнього квадратичного відхилення G .

Нормальний закон розподілу підпорядковується такій закономірності: майже всі значення випадкової величини (99,73 %), що відповідають цьому закону, лежать у межах інтервалу $\bar{x} \pm 3G$. Ця закономірність відома як правило "трьох сигм".

Правило $3G$ широко застосовується в практичних задачах. Наприклад, під час аналізу результатів вимірювань випадкової величини може виникнути ситуація, коли одне зі значень суттєво відрізняється від решти. У такому випадку постає питання: "Чи варто враховувати це значення в подальшому аналізі, чи слід його відхилити?"

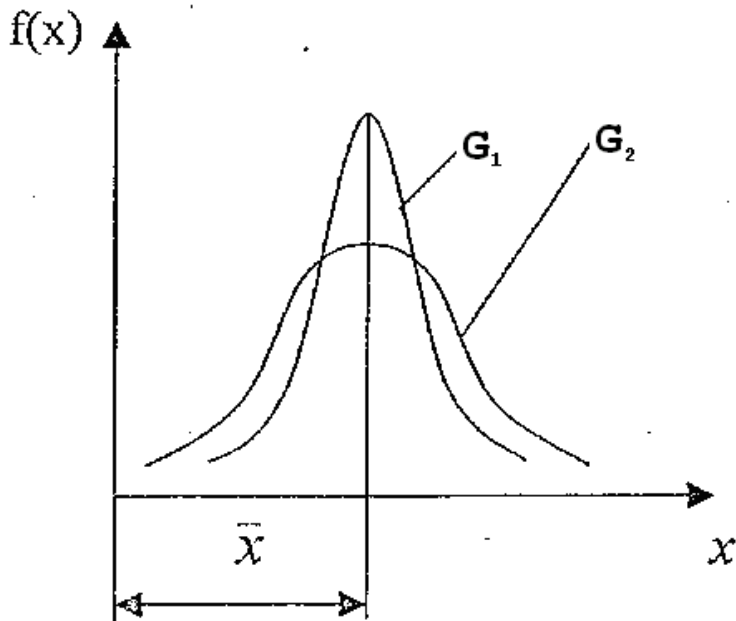


Рис. 5.1 – Криві нормального розподілу випадкової величини

Вирішення цього питання здійснюється наступним чином: якщо припустити, що результати вимірювань підкоряються нормальному закону розподілу (що можна перевірити за допомогою спеціальних методів), спочатку визначають середнє значення $\bar{x}$ і стандартне відхилення G без урахування значення, яке суттєво відрізняється. Далі обчислюють інтервал $\bar{x} \pm 3G$. Якщо відхилене значення потрапляє в цей інтервал, воно враховується у подальших розрахунках.

Якщо ж значення виходить за його межі, воно вважається аномальним і не використовується в аналізі.

Порядок виконання роботи

1. Використовуючи дані відповідного варіанту завдання (табл. 5.1), розрахувати середнє значення $\bar{x}$ та стандартне відхилення G .
2. Визначити інтервал, що відповідає правилу трьох сигм: $\bar{x} \pm 3G$.
3. Перевірити, чи потрапляють значення, що суттєво відрізняються, у цей інтервал.
4. Зробити висновок щодо доцільності включення або виключення аномального значення з подальшого аналізу результатів вимірювань.

Контрольні запитання

1. Що таке подія, ймовірність і випадкова величина?
2. Які події називаються несумісними та рівноймовірними?
3. Чим відрізняються дискретні та безперервні випадкові величини?
4. Що розуміють під законом розподілу випадкової величини?
5. Які основні числові характеристики випадкових величин?
6. Що означає правило $3G$?

Приклад розрахунку

Вихідні дані:

Варіант – 30 (табл. 5.1)

Набір випадкових значень $f(x)$:

$f(x)$	1	2	3	4	5	6	7	8
x	1,880	1,905	1,699	1,770	1,910	1,891	1,930	1,910

1. Припускаючи, що отримані результати підпорядковуються нормальному закону розподілу, обчислюємо середнє значення $\bar{x}$ і стандартне відхилення G .

Таблиця 5.1

Варіанти завдань... (далі йде відповідна таблиця).

Варі- ант	Випадкові величини $f(x)$							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	5,0	4,8	5,2	5,3	6,5	5,0	4,9	5,1
2	14,0	14,5	13,9	15,1	16,9	15,3	14,8	15,1
3	6,9	7,1	3,9	4,7	5,4	6,2	4,9	5,1
4	43,9	44,5	45,4	44,1	44,2	44,0	44,1	44,0
5	1,4	0,9	1,3	1,0	1,48	1,0	0,95	1,1
6	0,980	1,05	0,799	0,870	0,950	0,893	1,0	0,910
7	10,1	9,9	10,2	10,1	9,8	9,9	10,0	10,4
8	24,5	23,7	23,6	23,8	23,7	23,8	23,7	23,6
9	13,3	18,7	12,9	15,5	13,9	13,1	13,4	14,0
10	5,8	5,2	4,9	5,1	3,9	5,5	5,5	5,7
11	10,7	9,3	9,2	10,5	10,0	9,7	10,0	11,6
12	4,9	4,1	3,1	4,1	5,1	4,2	4,9	5,1
13	0,880	0,905	0,699	0,770	0,910	0,891	0,930	0,910
14	0,80	0,55	0,73	0,80	0,95	0,89	0,80	0,69
15	23	30	39	38	32	33	31	29
16	6	5	6	5	7	7	7	4
17	9,9	10,1	10,0	10,1	9,8	9,4	10,0	10,2
18	4,0	3,8	4,2	4,3	5,5	4,0	3,9	4,1
19	18,0	18,5	17,9	19,1	20,9	19,3	18,8	19,1
20	6,5	6,0	4,1	4,9	5,0	6,0	4,9	5,0
21	33,9	34,5	35,2	34,1	34,2	34,0	34,1	34,0
22	1,1	0,8	1,2	1,0	1,48	1,2	0,95	1,2
23	0,780	1,01	0,799	0,860	0,920	0,893	1,0	0,940
24	9,1	8,9	9,2	10,1	8,8	8,9	9,0	10,6
25	14,6	13,7	13,6	13,8	13,7	13,8	13,7	13,6
26	13,1	15,7	12,2	15,0	13,9	13,1	13,4	14,0
27	4,8	4,2	3,9	4,1	2,9	4,5	4,5	4,7
28	50,7	49,3	49,2	50,5	50,0	49,7	50,0	51,6
29	19,9	19,1	18,1	19,1	20,1	19,2	19,9	20,1
30	1,880	1,905	1,699	1,770	1,910	1,891	1,930	1,910

Середнє значення x випадкової величини, яке розташоване на числовій осі та відображає певне орієнтовне значення, навколо якого групуються всі можливі реалізації випадкової величини, обчислюється за формулою (5.3):

$$\bar{x} = \frac{1,880 + 1,905 + 1,770 + 1,910 + 1,891 + 1,930 + 1,910}{8} = 1,862$$

Стандартне відхилення G , яке характеризує ступінь розсіювання значень випадкової величини відносно її середнього значення, визначається за формулою (5.4):

$$G = \sqrt{\frac{(1,88 - 1,862)^2 + (1,905 - 1,862)^2 + (1,699 - 1,862)^2 + (1,770 - 1,862)^2}{8 - 1} + \frac{(1,910 - 1,862)^2 + (1,891 - 1,862)^2 + (1,930 - 1,862)^2 + (1,910 - 1,862)^2}{8 - 1}} = 0,082$$

Результат обчислення:

$$G = 0,082$$

Далі на графіку нормального розподілу випадкової величини (рис. 5.2) позначаємо межі інтервалу $\bar{x} \pm 3G$. Значення лівої та правої меж інтервалу визначаються так:

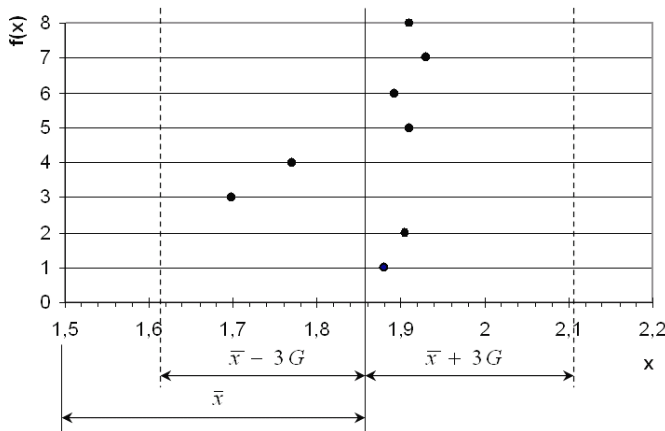


Рис.5.2 – Нормальний закон розподілу випадкової величини

Якщо значення випадкової величини, яке суттєво відрізняється від інших, потрапляє у цей інтервал, то його враховують у подальших розрахунках. Якщо ж воно виходить за межі інтервалу, ним нехтують.

Висновок

Аналізуючи нормальний розподіл випадкової величини (рис. 5.2), можна стверджувати, що всі отримані значення знаходяться в межах інтервалу $x \pm 3G$. Таким чином, усі значення, навіть ті, що суттєво відрізняються від середнього, можуть бути прийняті для подальшого аналізу вимірювань або розрахунків.

Лабораторно-практична робота № 6
Тема: Оцінка якості роботи сільськогосподарської
техніки

Мета роботи

Ознайомлення з методикою оцінки якості функціонування сільськогосподарської техніки.

Теоретична частина

Якість виконання механізованих технологічних процесів у польових роботах є ключовим показником ефективності всього циклу вирощування сільськогосподарських культур.

Загалом, ефективність технологічних операцій (а отже, і якість роботи сільськогосподарської машини) визначається агротехнічними вимогами. Наприклад, допустиме відхилення глибини передпосівної культивації не повинно перевищувати $\pm 0,5$ см від заданої величини. Під час сівби цукрових буряків оцінка якості посіву базується на трьох основних критеріях: глибина загортання насіння, норма висіву та доза внесення мінеральних добрив (див. табл. 6.1).

Методи збору статистичних даних щодо якості виконання операцій, наведені в табл. 6.1, є типовими і застосовуються для всіх механізованих технологічних процесів вирощування та збирання врожаю.

Таблиця 6.1.

Оцінка якості висіву насіння цукрових буряків

Показник	Норматив	Метод визначення
Відхилення заданої глибини загортання насіння, см	$\pm 0,5$	На протязі зміни два-три рази в п'яти місцях по діагоналі ділянки на 12 рядках лопаткою зняти ґрунт над насінням на відрізках рядка довжиною 20-30 см і заміряти лінійкою глибину розташування насіння
Відхилення від заданої норми висіву насіння на 1 погон. метр, %	10	На протязі зміни два-три рази в трьох місцях по діагоналі ділянки на відрізках довжиною 1 м кожного з 12 рядків підрахувати кількість висіяних насінин
Відхилення від заданої дози внесення добрив, %	До 4	На протязі зміни два-три рази заміряти засіяну площу і витрачену на неї кількість добрив

Таким чином, оцінку якості роботи сільськогосподарської машини можна виконати шляхом аналізу відхилень параметрів технологічного процесу від нормативних значень. Для цього використовується наступна формула:

$$e(t) = y_3 - y(t) \quad (6.1)$$

де $y(t)$ — фактичний показник процесу;

y_3 — задане значення.

Машина вважається такою, що працює якісно, якщо значення $y(t)$ знаходиться в межах допустимого відхилення Δy , тобто:

$$y(t) \in |y(t)|_{\text{дон}} \quad (6.2)$$

Оскільки сільськогосподарська техніка працює в умовах стохастичних навантажень, за показник якості роботи машини приймають величину P , що характеризує тривалість знаходження вихідного процесу у межах допустимого відхилення.

Для оцінки якості використовують статистичний підхід, аналізуючи графік реалізації процесу (осцилограму). На рис. 6.1 (а) показано допустимі відхилення $\pm\Delta u$ та випадки виходу процесу за ці межі.

Фактична відносна тривалість знаходження параметра в допустимому діапазоні обчислюється за формулою:

$$P = \frac{\sum_{j=1}^n Q_j}{T} \quad (6.3)$$

де Q_j — тривалість знаходження в межах допустимого значення;

T — загальний час спостереження.

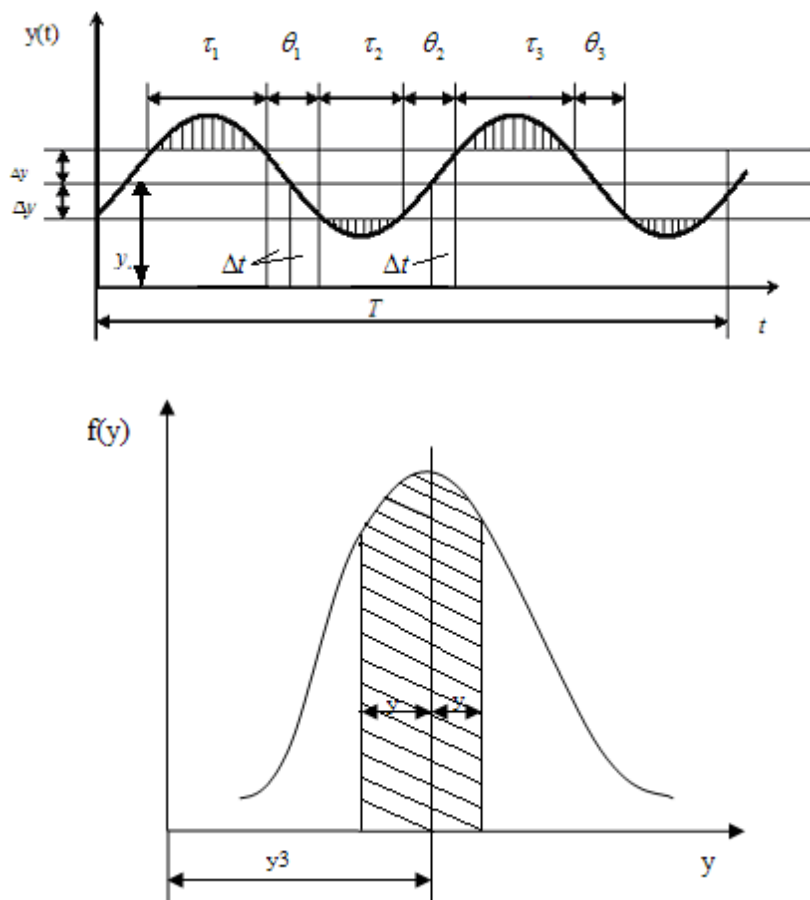


Рисунок 6.1 - Реалізація якості роботи $y(t)$ сільськогосподарської машини (а) і одновірною щільністю цієї реалізації (б)

Середня відносна тривалість виходу за межі Δy визначається як:

$$\varepsilon = 1 - P \quad (6.4)$$

Якщо розділити загальний час спостереження T на m інтервалів Δt (де $T = m \cdot \Delta t$), то, аналізуючи осцилограму (рис.

6.1а), можна визначити кількість випадків m_p , коли значення $y(t)$ знаходиться в межах допустимого діапазону. У такому випадку:

$$P = \frac{m_p}{m} \quad (6.5)$$

З іншого боку, значення тривалості P , що характеризує перебування значень $y(t)$ в межах допуску, може бути визначене через одновірну щільність ймовірності $f(y)$ (рис. 6.1б) за формулою:

$$P = \int_{y_3 - \Delta y}^{y_3 + \Delta y} f(y) dy \quad (6.6)$$

Оскільки навантаження та збурення, що діють на сільськогосподарську машину, мають випадковий характер і зазвичай підпорядковуються нормальному розподілу, то праву частину виразу можна переписати так:

$$P = \Phi(z_2) - \Phi(z_1) \quad (6.7)$$

де $\Phi(z)$ — функція Лапласа (див. табл. 6.2), а

$$\begin{aligned} z_1 &= \frac{y_3 - \Delta y}{\sigma_y} \\ z_2 &= \frac{y_3 + \Delta y}{\sigma_y} \end{aligned} \quad (6.8)$$

Підставивши значення z_1 і z_2 у попередній вираз, отримаємо: $P = \Phi(\Delta y / \sigma_y)$

У цих формулах σ_y — середньоквадратичне відхилення значень якості роботи $y(t)$, яке визначається за формулою:

$$P = 2\Phi\left(\frac{\Delta y}{\sigma_y}\right) \quad (6.9)$$

Після обчислення P значення середньої відносної тривалості виходів ϵ визначають за формулою (6.4). Якщо отримане значення перевищує допустимий рівень (див. «Вихідні дані»), то якість роботи сільськогосподарської машини вважається недостатньою.

3. Порядок виконання роботи

1. Записати вихідні дані (табл. 6.3) відповідно до варіанту.

2. Побудувати графік реалізації показника якості $y(t)$, позначити лінію y_3 та межі $\pm \Delta y$. Час спостереження $T=40$ с, інтервал вимірювань $\Delta t=1$ с.

3. Обчислити середньоквадратичне відхилення σ_y за формулою (6.10).

4. Використовуючи формулу (6.9) та таблицю 6.2, визначити тривалість знаходження $y(t)$ у межах допуску.

5. Розрахувати ϵ за формулою (6.4) та порівняти з допустимим значенням. Зробити висновки щодо якості роботи машини.

4. Контрольні запитання

1. Як якість виконання механізованих технологічних операцій впливає на ефективність виробництва?

2. Що характеризує показник якості (РР) роботи сільськогосподарської техніки?

3. Якою формулою визначається середня відносна тривалість виходу параметра за допустимі межі?

4. У яких випадках робота сільськогосподарської машини визнається недостатньо якісною?

Таблиця 6.2

Значення функції Лапласа

y	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,0000	0,0040	0,0080	0,0120	0,0160	0,0199	0,0239	0,0279	0,0319	0,0359
0,1	0,0398	0,0138	0,0178	0,0217	0,0257	0,0296	0,0336	0,0375	0,0414	0,0453
0,2	0,0793	0,0832	0,0871	0,0910	0,0948	0,0987	0,1026	0,1064	0,1103	0,1141
0,3	0,1179	0,1217	0,1255	0,1293	0,1331	0,1368	0,1406	0,1443	0,1480	0,1517
0,4	0,1554	0,1591	0,1628	0,1664	0,1700	0,1736	0,1772	0,1808	0,1844	0,1879
0,5	0,1915	0,1950	0,1985	0,2019	0,2054	0,2088	0,2123	0,2157	0,2190	0,2224
0,6	0,2257	0,2291	0,2324	0,2357	0,2389	0,2422	0,2454	0,2486	0,2517	0,2549
0,7	0,2580	0,2611	0,2642	0,2673	0,2703	0,2734	0,2764	0,2794	0,2823	0,2852
0,8	0,2881	0,2910	0,2939	0,2967	0,2995	0,3023	0,3051	0,3078	0,3106	0,3133
0,9	0,3159	0,3186	0,3212	0,3238	0,3264	0,3289	0,3315	0,3340	0,3365	0,3389
1,0	0,3413	0,3438	0,3461	0,3485	0,3508	0,3531	0,3554	0,3577	0,3599	0,3621
1,1	0,3643	0,3665	0,3686	0,3708	0,3729	0,3749	0,3770	0,3790	0,3810	0,3830
1,2	0,3843	0,3869	0,3888	0,3907	0,3925	0,3944	0,3962	0,3980	0,3997	0,40147
1,3	0,3849	0,40490	0,40658	0,40824	0,40988	0,41149	0,41309	0,41466	0,41621	0,41774
1,4	0,40320	0,42073	0,42220	0,42364	0,40507	0,42647	0,42785	0,42922	0,43056	0,43189
1,5	0,43319	0,43448	0,43574	0,43699	0,43822	0,43943	0,44062	0,44170	0,44295	0,44408
1,6	0,44520	0,44630	0,44738	0,44845	0,44950	0,45053	0,45154	0,45254	0,45352	0,45449
1,7	0,45543	0,45637	0,45728	0,45818	0,45907	0,45994	0,46080	0,46164	0,46246	0,46327
1,8	0,46407	0,46485	0,46562	0,46638	0,46712	0,46784	0,46856	0,46926	0,46995	0,47062
1,9	0,47128	0,47193	0,47257	0,47320	0,47381	0,47441	0,47500	0,47558	0,47615	0,47670
2,0	0,47725	0,47778	0,47831	0,47882	0,47932	0,47981	0,48030	0,48077	0,48124	0,48169
2,1	0,48214	0,48257	0,48300	0,48341	0,48382	0,48422	0,48461	0,48500	0,48534	0,48574
2,2	0,48610	0,48645	0,48679	0,48713	0,48745	0,48778	0,48809	0,48840	0,48870	0,48899
2,3	0,48928	0,48956	0,48983	0,490097	0,490358	0,490613	0,490863	0,491106	0,491344	0,491576
2,4	0,491802	0,492024	0,492240	0,492451	0,492656	0,492857	0,493053	0,493244	0,493431	0,493613
2,5	0,493790	0,493963	0,494132	0,494297	0,494457	0,494614	0,494766	0,494915	0,495060	0,495201
2,6	0,495339	0,495473	0,495604	0,495731	0,495855	0,495975	0,496093	0,496207	0,496319	0,496427
2,7	0,496533	0,496636	0,496736	0,496833	0,496928	0,497020	0,497110	0,497197	0,497282	0,497365
2,8	0,497445	0,497523	0,497599	0,497673	0,497744	0,497814	0,497882	0,497948	0,498012	0,498074
2,9	0,498134	0,498193	0,498250	0,498305	0,498359	0,498411	0,498462	0,498511	0,498559	0,498605
3,0	0,498650	0,498694	0,498736	0,498777	0,498817	0,498856	0,498893	0,498930	0,498965	0,498999
3,1	0,49 ² 032	0,49 ² 064	0,49 ² 095	0,49 ² 126	0,49 ² 155	0,49 ² 183	0,49 ² 211	0,49 ² 237	0,49 ² 263	0,49 ² 288
3,2	0,49 ² 312	0,49 ² 336	0,49 ² 369	0,49 ² 381	0,49 ² 402	0,49 ² 423	0,49 ² 442	0,49 ² 462	0,49 ² 481	0,49 ² 499
3,3	0,49 ² 516	0,49 ² 533	0,49 ² 549	0,49 ² 565	0,49 ² 581	0,49 ² 595	0,49 ² 610	0,49 ² 624	0,49 ² 637	0,49 ² 650
3,4	0,49 ² 663	0,49 ² 675	0,49 ² 686	0,49 ² 698	0,49 ² 709	0,49 ² 719	0,49 ² 729	0,49 ² 739	0,49 ² 749	0,49 ² 758
3,5	0,49 ² 767	0,49 ² 775	0,49 ² 784	0,49 ² 792	0,49 ² 799	0,49 ² 807	0,49 ² 814	0,49 ² 821	0,49 ² 828	0,49 ² 834
3,6	0,49 ² 840	0,49 ² 846	0,49 ² 852	0,49 ² 858	0,49 ² 863	0,49 ² 868	0,49 ² 873	0,49 ² 878	0,49 ² 883	0,49 ² 887
3,7	0,49 ² 892	0,49 ² 896	0,49 ² 903	0,49 ² 942	0,49 ² 979	0,49 ² 115	0,49 ² 150	0,49 ² 183	0,49 ² 215	0,49 ² 246
3,8	0,49 ³ 276	0,49 ³ 305	0,49 ³ 332	0,49 ³ 359	0,49 ³ 384	0,49 ³ 409	0,49 ³ 433	0,49 ³ 455	0,49 ³ 477	0,49 ³ 498
3,9	0,49 ³ 519	0,49 ³ 538	0,49 ³ 557	0,49 ³ 575	0,49 ³ 592	0,49 ³ 609	0,49 ³ 625	0,49 ³ 640	0,49 ³ 655	0,49 ³ 669
4,0	0,49 ³ 683	0,49 ³ 696	0,49 ³ 709	0,49 ³ 721	0,49 ³ 732	0,49 ³ 743	0,49 ³ 754	0,49 ³ 764	0,49 ³ 774	0,49 ³ 784
4,1	0,49 ³ 793	0,49 ³ 802	0,49 ³ 810	0,49 ³ 818	0,49 ³ 826	0,49 ³ 833	0,49 ³ 840	0,49 ³ 847	0,49 ³ 854	0,49 ³ 860
4,2	0,49 ³ 866	0,49 ³ 872	0,49 ³ 877	0,49 ³ 883	0,49 ³ 888	0,49 ³ 893	0,49 ³ 897	0,49 ³ 902	0,49 ³ 906	0,49 ³ 910
4,3	0,49 ⁴ 146	0,49 ⁴ 184	0,49 ⁴ 219	0,49 ⁴ 254	0,49 ⁴ 287	0,49 ⁴ 319	0,49 ⁴ 349	0,49 ⁴ 378	0,49 ⁴ 406	0,49 ⁴ 433
4,4	0,49 ⁴ 458	0,49 ⁴ 483	0,49 ⁴ 506	0,49 ⁴ 528	0,49 ⁴ 550	0,49 ⁴ 570	0,49 ⁴ 590	0,49 ⁴ 608	0,49 ⁴ 626	0,49 ⁴ 643
4,5	0,49 ⁴ 660	0,49 ⁴ 675	0,49 ⁴ 690	0,49 ⁴ 705	0,49 ⁴ 718	0,49 ⁴ 731	0,49 ⁴ 744	0,49 ⁴ 756	0,49 ⁴ 767	0,49 ⁴ 778
4,6	0,49 ⁴ 788	0,49 ⁴ 798	0,49 ⁴ 808	0,49 ⁴ 817	0,49 ⁴ 825	0,49 ⁴ 834	0,49 ⁴ 841	0,49 ⁴ 849	0,49 ⁴ 856	0,49 ⁴ 863
4,7	0,49 ⁴ 869	0,49 ⁴ 876	0,49 ⁴ 882	0,49 ⁴ 887	0,49 ⁴ 893	0,49 ⁴ 898	0,49 ⁴ 903	0,49 ⁴ 908	0,49 ⁴ 913	0,49 ⁴ 916
4,8	0,49 ⁵ 206	0,49 ⁵ 245	0,49 ⁵ 282	0,49 ⁵ 317	0,49 ⁵ 350	0,49 ⁵ 382	0,49 ⁵ 413	0,49 ⁵ 442	0,49 ⁵ 469	0,49 ⁵ 495
4,9	0,49 ⁵ 520	0,49 ⁵ 544	0,49 ⁵ 567	0,49 ⁵ 588	0,49 ⁵ 609	0,49 ⁵ 628	0,49 ⁵ 647	0,49 ⁵ 665	0,49 ⁵ 682	0,49 ⁵ 698

Таблиця 6.3

Вихідні дані глибини загортання насіння сільськогос- подарських культур сівалками

№ виміру	Величини по варіантам											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	4,291	6,390	6,371	7,522	3,583	6,789	5,146	9,330	5,360	6,301	3,148	4,267
2	3,706	6,315	5,877	8,593	3,759	6,812	4,998	8,762	5,258	5,527	3,225	4,241
3	3,736	6,911	7,062	8,276	3,904	6,961	5,065	8,542	5,054	5,538	3,771	4,131
4	4,081	7,469	5,528	8,362	3,244	6,766	4,825	9,042	6,041	6,351	3,575	4,675
5	3,986	6,572	5,900	8,007	3,391	6,874	4,298	9,442	5,493	5,843	3,495	4,217
6	4,257	6,694	6,176	8,029	3,168	6,955	5,105	9,094	5,542	5,321	3,623	4,665
7	4,353	6,847	6,446	7,965	3,796	6,577	5,140	8,759	5,144	6,916	3,106	4,246
8	4,717	6,932	5,561	8,027	3,321	6,983	5,548	8,157	5,725	5,270	3,696	4,589
9	3,834	6,897	5,831	7,417	4,196	6,916	4,808	9,329	5,365	6,397	3,384	4,863
10	3,670	7,872	5,405	8,509	2,547	7,279	5,368	8,885	5,224	6,393	3,610	4,503
11	3,253	7,311	6,719	7,404	3,547	7,014	5,471	9,185	5,740	6,102	3,613	4,113
12	3,351	6,416	5,495	7,745	3,410	7,153	4,627	8,801	5,113	6,587	3,184	4,831
13	3,679	7,635	6,215	7,533	3,228	6,593	4,875	8,672	5,793	5,603	2,746	4,641
14	4,182	6,416	6,190	7,432	3,238	6,631	5,326	9,035	5,350	6,142	3,709	4,507
15	3,495	6,815	5,973	8,398	3,111	7,325	5,187	9,192	5,624	6,544	3,709	4,656
16	3,967	6,824	5,561	8,147	3,860	7,225	4,839	9,388	5,600	6,226	3,143	4,240
17	4,026	6,978	5,895	8,407	3,046	6,907	5,326	8,637	5,556	5,792	3,222	4,727
18	3,783	7,435	7,287	7,935	3,812	7,414	5,437	9,306	5,568	5,200	3,721	4,218
19	3,875	6,491	6,533	7,922	4,442	7,251	5,240	7,674	5,447	6,250	3,622	4,367
20	3,876	6,544	5,090	8,104	3,840	7,400	5,162	8,864	5,822	6,110	3,716	4,218
21	3,563	7,206	6,420	7,556	3,318	7,581	5,135	8,463	5,433	5,975	3,451	4,428
22	3,343	7,072	5,527	7,194	3,414	6,858	5,505	8,443	5,405	5,487	3,669	3,787
23	3,961	5,017	6,059	8,453	3,904	6,918	4,861	9,090	5,749	5,692	3,316	4,310
24	3,871	6,713	6,792	7,373	3,565	6,589	5,369	8,868	5,006	6,032	3,218	4,636
25	3,536	6,112	6,112	8,273	3,570	7,055	5,338	8,576	5,711	7,350	3,692	4,652
26	3,653	6,245	5,881	8,438	3,811	6,176	4,877	9,005	5,472	5,558	3,526	4,556
27	4,461	7,257	6,537	7,940	3,268	7,119	5,058	9,409	5,696	6,147	3,711	4,554
28	3,820	7,477	7,391	7,756	2,737	7,074	4,661	8,606	5,316	5,926	3,591	4,608
29	3,805	6,436	6,716	8,028	3,400	7,237	5,098	9,548	5,683	5,575	3,547	4,262
30	4,154	6,997	6,359	8,056	3,979	6,619	5,574	8,500	5,638	5,878	3,371	4,452
31	3,270	6,715	5,732	7,685	3,163	6,963	4,963	8,923	5,379	6,793	3,657	4,577
32	3,690	6,997	6,342	8,886	3,151	7,089	5,242	9,134	5,724	5,765	3,529	4,462
33	3,476	7,447	5,346	7,670	2,916	7,334	5,128	9,430	5,386	6,334	3,724	4,527
34	3,857	7,209	5,705	8,403	3,335	7,146	5,019	9,581	5,563	6,152	3,713	4,429
35	3,926	6,998	5,565	7,230	3,425	6,948	5,314	8,495	5,354	6,072	3,658	4,374
36	3,956	6,769	5,919	8,979	3,430	6,992	3,931	8,724	5,383	6,482	3,892	4,118
37	2,871	6,169	6,376	8,265	3,366	7,271	4,831	8,148	5,560	5,738	3,689	4,594
38	4,195	6,738	5,245	8,165	3,493	6,491	5,514	8,570	5,336	6,035	4,008	5,172
39	3,729	7,437	6,129	8,128	3,138	7,201	4,671	8,768	5,422	7,053	3,724	4,091
40	4,373	6,389	6,537	7,718	3,842	6,962	4,832	8,923	5,127	6,114	3,681	4,377
y_3	3,84	6,92	6,10	8,00	3,47	6,99	5,07	8,88	5,48	6,06	3,53	4,45
$\pm \Delta y$	0,47	0,5	0,50	0,70	0,43	0,52	0,40	0,50	0,40	0,40	0,28	0,44
ε_n	0,25	0,25	0,2	0,15	0,2	0,1	0,25	0,25	0,1	0,18	0,25	0,1

Практична робота № 7

Тема: Управління якістю сільськогосподарської продукції.

Мета заняття. Ознайомитися з системою управління якістю, оволодіти методикою оцінки якості продукції та розглянути модель управління послідовністю та взаємодією процесів, модель системи управління якістю, що базується на процесному підході та модель життєвого циклу продукції.

Умови та вихідні матеріали. Для проведення заняття необхідні матеріали з комплексної системи управління якістю в одному з господарств зони, а також чинні ДСТУ на сільськогосподарську продукцію та показники якості окремих видів продукції.

Порядок і методика виконання завдання. Ознайомитися з організацією системи управління якістю та її складовими.

Роботи з управління якістю можуть виконувати спеціалізована служба управління якістю, функціональні, лінійні підрозділи (служби, відділи), зовнішні агентства (незалежні аудитори) тощо.

Функції спеціалізованої служби управління якістю можуть бути такими:

- підтримання якості продукції на рівні, що відповідає політиці фірми;
- надання допомоги підрозділам у забезпеченні якості продукції;
- видача рекомендацій щодо введення нових або зміни чинних вимог до якості;
- підтримання зв'язків і обмін інформацією з іншими службами;
- визначення методів і періодичності перевірок продукції;

- визначення методів добору і підготовки працівників і галузі забезпечення якості продукції;
- участь у складанні робочих інструкцій;
- забезпечення контролю придбаних деталей та інструменту;
- організація контролю технологічних процесів;
- участь в оцінці проектних рішень;
- складання статистичних звітів;
- аналіз причин і видів браку;
- захист репутації фірми;
- захист споживача від дефектної продукції;
- скорочення непродуктивних витрат праці;
- попередження браку.

Велику роль в управлінні якістю праці та продукції відіграють функціональні служби підприємства. Наприклад, агрономічна служба розробляє заходи щодо впровадження прогресивних сівозмін, системи підготовки ґрунту, догляду за посівами сільськогосподарських культур, найкращих сортів, підтримання суворої технологічної дисципліни. Зооветеринарна служба вживає заходів до впровадження перелігових технологічних процесів у тваринництві, поліпшення племінної роботи, дотримання раціонів і норм годівлі тощо. Економічна служба розробляє критерії оцінки якості праці та продукції, здійснює контроль за застосуванням технічно обґрунтованих норм виробітку, розробляє і впроваджує матеріальне стимулювання за підвищення якості тощо. Інженерна служба домагається підвищення якості всіх видів механізованих робіт і рівня ефективності машинно-тракторного парку, організовує заміну застарілої техніки й устаткування, забезпечує їхнє раціональне використання, регулярний технічний догляд, якісне зберігання та ремонт машин тощо.

На рівні лінійних підрозділів (бригади, ферми) якість оцінюють керівники. До функцій керівників підрозділів входять контроль за виконанням завдань, об'єктивна оцінка якості праці кожного виконавця та якості продукції за затвердженими параметрами і стандартами, підготовка й узгодження нормативно-технічних документів, параметрів і стандартів якості праці та продукції, розроблення робочих і поточних планів і заходів, спрямованих на поліпшення якості, організація їх виконання.

Система управління якістю базується на положеннях стандартизації.

Стандартизація - процес установаження і застосування правил (стандартів) з метою впорядкування діяльності в певних галузях на користь і за участю всіх зацікавлених сторін. Об'єкти стандартизації - конкретна продукція, норми, вимоги, методи, терміни, позначення тощо, які багаторазово застосовують, використовують у різних сферах економіки, міжнародній торгівлі.

Стандарт - нормативно-технічний документ, що встановлює комплекс норм, правил, вимог до об'єкта стандартизації та затверджений компетентним органом.

Міжнародні стандарти розробляє міжнародна організація зі стандартизації ISO. Розроблення міжнародних стандартів здійснюють її технічні комітети, що складаються з експертів - представників організацій - членів ISO.

Міжнародні стандарти ISO серії 9000 з управління якістю продукції прийняті європейськими країнами як національні.

ISO 9000:2001 «Система менеджменту якості. Основні принципи та словник»;

ISO 9000:2000 «Система менеджменту якості. Вимоги» (встановлює мінімально необхідний набір вимог до систем якості та застосовується для цілей сертифікації та аудиту);

ISO 9001:2015 «Система управління якістю. Вимоги»;
 ISO 9004:2001 «Система управління якістю. Настанови щодо поліпшення діяльності» (містить методичні вказівки щодо створення систем менеджменту якості, які орієнтовані на високу ефективність діяльності підприємств);

ISO 10012:2005 «Забезпечення якості вимірювального обладнання».

Стандарти ISO серії 9000 відображають світовий досвід управління якістю на підприємствах. Вони мають рекомендаційний характер, проте більш ніж у 90 країнах прийняті як національні. Ці стандарти не є стандартами якості продукції або навіть якості виробничого процесу, а лише встановлюють вимоги до системи управління якістю. Вони не стосуються технічних характеристик продукції та технічних вимог до процесу виробництва.

Для сфери АПК існують галузеві стандарти. Розроблено цілу низку галузевих нормативних документів, наприклад, ДСТУ 4161:2003 «Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги» (2003 р.).

Методи планування показників якості сільськогосподарської продукції.

Таблиця 7.1.

Плановані показники якості продукції рослинництва

Показники	Обсяг виробництва	Середній рівень якості
-----------	-------------------	------------------------

Зерно, усього, т

У тому числі сортове:

пшениця твердих сортів I і II класів

пшениця сильних сортів I і II класів

жито

ячмінь

у тому числі пивоварний

овес

гречка

Льоносолома, всього, т
У тому числі:
№ 1 і вище
середній номер
Льонотреста, усього, т
У тому числі:
№ 1 і вище
середній номер
Цукрові буряки кондиційні, усього, т
Цукрові буряки кондиційні, %
Картопля, усього, т
У тому числі:
столових високоцінних сортів
технічна на промпереробку
Овочі, всього, т
У тому числі стандартні
Плоди та ягоди, усього, т
У тому числі за видами та строками дозрівання:
 яблука ранніх сортів
 яблука пізніх сортів
Сіно, всього, т
У тому числі:
І класу
II класу
Силос, усього, т
У тому числі:
І класу
II класу
Плановані показники якості продукції тваринництва

Таблиця 7.2.

Плановані показники якості продукції тваринництва

Показники	Обсяг вироб-ництва	Середній рівень якості
-----------	--------------------	------------------------

Велика рогата худоба

Валове виробництво молока, т

Реалізація молока, т

У тому числі:

вищого гатунку

І сорту охолодженого

II сорту

Жирність молока, %

Щільність молока, кг/м³

Товарність молока, %

Середньорічний удій молока від однієї корови, кг

Отримано телят на 100 корів,

наявних на початок року

Витрата кормів на 1 т молока, т

Витрати праці на 1 т молока, чол.-год

Валовий приріст живої маси великої рогатої худоби, т

Реалізація великої рогатої худоби, т

У тому числі:

вищої вгодованості

середньої вгодованості

Середня жива маса реалізованої голови, кг

Середньодобовий приріст живої маси молодняка, г:

на вирощуванні

на відгодівлі

Витрата кормів на 1 т приросту живої маси великої рогатої худоби, т

Витрати праці на 1 т приросту живої маси, чол.-год.

Свині

Валовий приріст живої маси свиней, т

Реалізація свиней, т

У тому числі за категоріями:
Число опоросів на основну свиноматку
Діловий приплід поросят за один опорос
основних свиноматок, наявних на початок року, голів
Діловий приплід поросят за один опорос
свиноматок, що перевіряються, і разових свиноматок,
наявних на початок року, голів
Середня маса поросяти, кг:
при відлученні в 4 міс.
Середньодобовий приріст живої маси молодняка сви-
ней, г:

старше 2 міс.

на відгодівлі

Середня жива маса однієї реалізованої голови, кг

Витрата кормів на 1 т приросту живої маси, т

Витрати праці на 1 т приросту живої маси, чол.-год.

Вівці

Валовий приріст живої маси овець, т

Реалізація овець, т

У тому числі:

вищої вгодованості

середньої вгодованості

Діловий приплід у середньому на 100 маток і ярок, на-
явних на початок року, голів

Середньодобовий приріст живої маси овець, г

Середня жива маса однієї реалізованої голови, кг

Настриг вовни, т

У тому числі:

Тонкої

напівтонкої

Витрата кормів на 1 т, т:

приросту живої маси овець вовни

Витрати праці на 1 т, чол.-год:

приросту живої маси вовни

Собівартість 1 т, грн:
приросту живої маси вовни

Для ефективного функціонування агропромислового підприємства будь-якої форми власності необхідно визначити усі взаємопов'язані види його діяльності та управляти ними. Діяльність, у якій використовують ресурси і якою можна управляти для перетворення входів на виходи, може вважатися процесом. Управління якістю за міжнародними нормами базується на принципі процесного підходу. У межах організації під процесним підходом» розуміють системи процесів разом з їх визначенням та взаємодіями, а також управління ними.

Перевагою процесного підходу є забезпечуваний ним неперервний контроль над зв'язками окремих процесів, а також над їх сполученням та взаємодією. Застосування процесного підходу в системі управління якістю сприяє:

- розумінню та виконанню вимог замовника;
- відношенню до процесу з позиції створення додаткових цінностей;
- постійному поліпшенню процесів на основі об'єктивних вимірювань.

Таблиця 7.3

Причини, що впливають на якість молока

Показники якості	Причини, що знижують якість молока
Колір	Захворювання тварин Неправильне застосування медикаментів Недоброякісні корми Розведення продукції водою
Запах Смак Консистенція Кислотність (механічна забрудненість, мікробіологічне обсіменіння) Товарна якість (загалом)	Неправильне машинне доїння корів Неправильне застосування пахучих лікарських рослин Поїдання гірких рослин Стародойні корови Неправильне застосування медикаментів Дія прямих сонячних променів Болотисті пасовища Застосування нелуженого посуду Дія мікроорганізмів Хвороби корів Неправильне зберігання молока (поруч із пахучими речовинами) Застосування іржавого посуду, напування корів водою з високим вмістом оксидів заліза Надлишок у раціоні водянистих кормів Не підмивання вимені Відсутність догляду за шкірою та волоссяним покривом тварини Поганий санітарний стан приміщень Недбалий догляд за молочним посудом та апаратурою Низький рівень особистої гігієни доярки та всього обслуговуючого персоналу Стадії лактації Порода Вік, неправильна годівля, недоліки в умовах утримання Відсутність активного моціону

	Невдалий спосіб корів і невиконання правил технології Несистематичний масаж вимені Хвороби тварин
--	---

Згідно із стандартом ДСТУ ISO 9000-2001 процес визначається як сукупність взаємопов'язаних видів діяльності, яка перетворює входи на виходи. Часто вихід одного процесу безпосередньо є входом наступного. Застосування методології входу-виходу при процесному підході до управління якістю дозволяє скласти послідовність процесів на підприємстві і їх взаємодію, що підвищує ефективність і результативність управлінської діяльності (рис. 1).

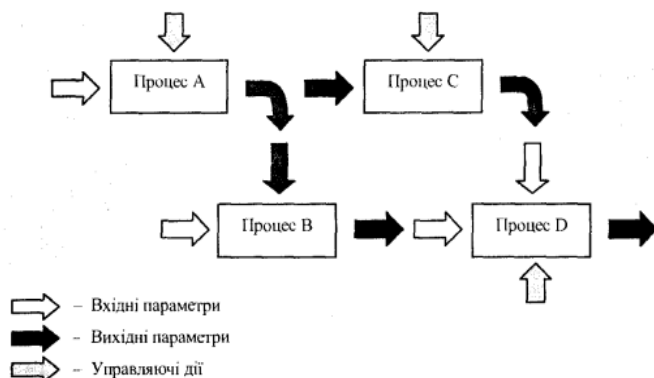


Рис. 7.1. Управління послідовністю та взаємодією процесів

За призначенням процеси організації чи підприємства класифікуються на:

- виробничі процеси, які забезпечують виробництво продукції та задоволення потреб зовнішніх споживачів, тобто готують ринкову пропозицію підприємства;
- організаційно-управлінські процеси, що мають на меті визначення цілей та стратегії організації, а також моніторинг і вдосконалення інших процесів;

- допоміжні процеси, які призначені для забезпечення ресурсами інших процесів.

За рівнем процеси організації в загальному вигляді поділяються на:

- процеси першого рівня - ділові процеси (бізнес-процеси);

- процеси другого рівня - інтегровані процеси;

- процеси третього рівня - індивідуальні процеси.

Виробничі процеси в організації першого рівня являють собою послідовний ланцюг процесів другого рівня - інтегрованих процесів.

За структурою процеси першого рівня поділяються на:

- вертикальні процеси, що відображають управлінську діяльність підприємства за вертикаллю і відповідають структурі взаємодій вищого керівництва з керівниками відділів та підрозділів;

- горизонтальні процеси - виробничі процеси, які перетинають по горизонталі діяльність підприємства.

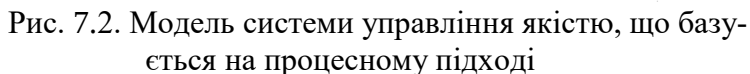
Сучасна система управління якістю підприємства може мати у своєму складі від кількох сот до декількох тисяч процесів. Модель системи управління якістю, в основу якої покладено процес, подана на рис. 7.2 у вигляді чотирьох блоків взаємозв'язаних між собою процесів:

- відповідальність керівництва;

- управління ресурсами;

- випуск продукції;

- вимірювання, аналіз і поліпшення.



1. Відповідальність керівництва. Найвище керівництво повинне надавати докази виконання своїх зобов'язань щодо розроблення та впровадження системи управління якістю і постійного поліпшення її результативності, використовуючи:

- доведення до всіх рівнів організації важливості задоволення вимог замовника, а також регламентуючих та законодавчих вимог;
- формулювання політики у сфері якості;
- забезпечення установалення цілей у сфері якості;
- аналіз із боку керівництва;

- забезпечення ресурсами.

Орієнтація керівництва підприємства на замовника передбачає визначення і виконання усіх його вимог. Політика у сфері якості має відповідати меті організації, містити зобов'язання щодо задоволення вимог та постійного поліпшення результативності системи управління якістю.

В організації призначається представник керівництва, на якого покладається відповідальність із наданням повноважень за встановлення, впровадження та підтримання процесів, що необхідні для системи управління якістю. Представник керівництва може також відповідати за забезпечення взаємодії з зовнішніми сторонами. Найвище керівництво повинне із запланованою періодичністю аналізувати діючу в організації систему управління якістю для забезпечення її постійної придатності, адекватності та результативності. Аналіз має охоплювати оцінку можливостей поліпшення і визначення потреби в змінах системи управління якістю, у тому числі політики та цілей у сфері якості. Аналіз із боку керівництва слід оформлювати протоколами.

2. Управління ресурсами. Організація повинна визначити і забезпечити наявність ресурсів, необхідних для впровадження та актуалізації системи управління якістю, постійного поліпшення її результативності та підвищення задоволеності замовників шляхом виконання їхніх вимог.

Персонал, залучений до робіт, що впливають на якість продукції, повинен бути компетентним, тобто мати належні освіти, професійну підготовку, кваліфікацію та досвід.

Організація повинна визначити, створити та підтримувати інфраструктуру, необхідну для досягнення відповідності продукції вимогам до неї. Інфраструктура може містити, наприклад:

- будівлі, виробничі приміщення та відповідні інженерно-технічні споруди;
- обладнання (з технічними і програмними засобами);

- допоміжні служби (такі, як транспортні та комунікаційні);

- виробниче середовище, необхідне для досягнення відповідності вимогам до продукції.

3. Випуск продукції. Організація повинна розробити процеси, необхідні для випуску продукції. Планування випуску продукції повинне бути узгодженим з вимогами до інших процесів системи управління якістю.

Під час планування випуску продукції організація повинна, залежно від конкретного випадку, визначити:

- цілі у сфері якості та вимоги щодо продукції;
- потреби в розробленні процесів і документів та забезпеченні ресурсами, специфічними для цієї продукції;
- необхідні перевірку, затвердження, моніторинг, інспектування та випробування, специфічні для продукції, а також критерії приймання продукції;
- протоколи, необхідні для надання доказів того, що процес випуску і кінцева продукція задовольняють вимоги.

Під час планування проектування та розроблення організація повинна визначити:

- етапи проектування та розроблення;
- необхідність аналізу, перевірки та затвердження на кожному етапі проектування та розроблення;
- відповідальність та повноваження щодо проектування та розроблення;
- взаємодією різних груп, залучених до проектування та розроблення, для забезпечення ефективного зв'язку та чіткого розподілу відповідальності.

Організація планує і здійснює виробництво та надання послуг за умов управління, які залежно від конкретного випадку передбачають: наявність інформації з описом характеристик продукції, необхідних робочих інструкцій, застосування придатного обладнання, засобів моніторингу та виміральної техніки, впровадження заходів, пов'язаних із

моніторингом, вимірюваннями, випуском, постачанням та подальшим обслуговуванням.

Організація планує і здійснює виробництво та надання послуг за умов управління, які залежно від конкретного випадку перед вбачають: наявність інформації з описом характеристик продукції, необхідних робочих інструкцій, застосування придатного обладнання, засобів моніторингу та вимірювальної техніки, впровадження заходів, пов'язаних із моніторингом, вимірюваннями випуском, постачанням та подальшим обслуговуванням.

4. Вимірювання, аналіз і поліпшення. Для забезпечення відповідності системи управління якістю організація повинна планувати і впроваджувати процеси моніторингу, вимірювань, аналізу та поліпшення.

В організації слід застосовувати належні методи моніторингу та здійснювати вимірювання процесів системи управління якістю, які повинні доводити спроможність процесів досягати запланованих результатів.

Організація повинна визначати, збирати та аналізувати відповідні дані для доведення придатності та результативності системи управління якістю, а також для оцінювання системи управління якістю з погляду можливості постійного поліпшення її результативності. Ці дані повинні містити результати моніторингу та вимірювань, а також дані з інших відповідних джерел. Аналіз даних має надавати інформацію про: задоволеність замовника; відповідність продукції вимогам; характеристики і тенденції відхилень процесів та продукції, у тому числі можливості запобіжних дій.

Організація повинна постійно поліпшувати результативність системи управління якістю, застосовуючи політику та визначаючи цілі у сфері якості, використовуючи результати аудитів, аналіз даних, проводячи коригувальні та запобіжні дії, а також аналіз із боку керівництва.

Коригувальні дії слід виконувати для усунення причин невідповідностей з метою запобігання їх повторенню. Коригувальні дії визначаються відповідно до наслідків виявлених невідповідностей.

Запобіжні дії дають змогу усувати причини потенційних невідповідностей з метою запобігання їх виникненню. Запобіжні дії слід визначати відповідно до наслідків потенційних проблем.

При розробці системи управління якістю на агропромисловому підприємстві слід враховувати особливості вимог до діяльності, яка забезпечує якість продукції на різних етапах її створення.

Концептуальну модель взаємозалежних видів діяльності, що впливають на якість на різних стадіях життєвого циклу продукції, називають колом якості. На базі аналізу основних стадій формування і зміни показників якості продукції побудована модель життєвого циклу продукції (рис. 7.3). Коло якості наочно показує послідовний вплив якості процесів на якість кінцевого результату.



Рис. 7.3. Модель життєвого циклу продукції
Якість продукції обумовлюється процесами проектування, виробництва та споживання (експлуатації) продукції.

Якість при проектуванні продукції формується в процесі її планування та маркетингових досліджень. Маркетинг відіграє провідну роль у визначенні вимог, що ставляться до якості продукції. Він має точно визначити ринковий попит і сфери реалізації, що важливо для оцінки сортності, необхідної кількості, вартості та строків виготовлення продукції чи послуг; чітко визначити вимоги, будь-які потреби чи тенденції споживача та інформувати про них керівництво; додавати короткий опис продукції, що містить вимоги і побажання споживача у вигляді попереднього переліку технічних умов, які є основою для виконання подальших робіт з проектування; встановлювати на постійній основі системи зворотних зв'язків та контролю інформації, яка надає дані, необхідні для внесення можливих змін у проект і відповідних дій керівництва. Формування якості продовжується в процесі проектування продукції і розробки процесів.

Короткий опис продукції, одержаної в результаті маркетингу, використовується як вихідні дані до проекту. Планування робіт проектування може здійснюватися у формі цільової науково-технічної програми, в якій передбачається періодичний аналіз усіх компонентів проекту і внесення відповідних змін.

Якість у процесі виробництва продукції. Формування якості починається з закупівлі сировини та матеріалів і закінчується збутом продукції споживачеві.

Підприємство несе відповідальність за якість кінцевої продукції в цілому незалежно від якості куплених матеріалів, напівфабрикатів і комплектуючих виробів. Виробник повинен мати конкретні вимоги до сировини та покупних матеріалів, забезпечувати узгоджений з постачальником план вхідного контролю, реєстрацію даних про якість покупної сировини і оцінку постачальників. Підготовка виробництва повинна давати упевненість в тому, що технологічний процес і стан усіх елементів виробництва забезпечать

виготовлення продукції відповідно до вимог технічної документації.

Керівництво підприємства має забезпечити управління всіма елементами процесів виробництва (обладнання, матеріли, комплектуючі вироби, технологічне оснащення та інструмент, виробничий персонал, допоміжні матеріали, технічна документація, виробниче середовище), контроль і приведення цих елементів у належний стан, запобігання виникненню дефектів. Там, де це можливо, необхідно застосовувати статистичні методи контролю. Обов'язковими елементами виробництва повинні бути контроль та випробування готової продукції.

Якість при споживанні або експлуатації продукції є відображенням процесів зміни якості продукції при її транспортуванні, зберіганні (складуванні), експлуатації та сервісному обслуговуванні продукції, яка втрачає свій ресурс.

Підприємство на післявиробничих етапах повинне забезпечувати якість продукції при завантажувально-розвантажувальних роботах, збереженні, транспортуванні, монтажі. Слід забезпечити проведення технічних консультацій, навчання персоналу, який експлуатує складну техніку, виконує технічне обслуговування і ремонт виробів протягом гарантійного терміну, постачання запасних частин, надання інструкцій з виконання, складання, монтажу, введення в експлуатацію. Система зворотного зв'язку з експлуатаційними показниками продукції має забезпечувати контроль якості протягом усього строку служби, постійний аналіз задоволення потреб споживача щодо якості продукції, включаючи безпечність і вплив на навколишнє середовище.

Останнім етапом життєвого циклу продукції є утилізація або вторинна переробка після закінчення терміну придатності. Якість цих процесів регламентовано економічними, санітарними, законодавчими та іншими нормами. Усі види діяльності, що складають модель життєвого циклу

продукції, безпосередньо впливають на якість кінцевого результату - продукції, що виробляється і пропонується споживачеві. Управляти якістю процесів на стадіях життєвого циклу - означає управляти якістю продукції.

Питання для самоконтролю

1. Які стандарти ISO 9000 існують?
2. Опишіть модель життєвого циклу продукції
3. Що повинна визначити організація під час планування проектування та розроблення?
4. Які плановані показники якості продукції вівчарства?
5. Які плановані показники якості продукції рослинництва?

Як поділяються за призначенням процеси організації чи підприємства?

Список використаної літератури

1. Носенко В. І, Бойко П. О. Машини та технології в рослинництві. Київ : Українська аграрна академія, 2022. 380 с.
2. Бондаренко С. А, Орлов М. П. Механізація сільськогосподарського виробництва: Машини для рослинництва та агропродукції. Полтава : Агросфера, 2021. 450 с
3. Лещенко В. В, Кравченко І. І. Технічні засоби для рослинництва: Теорія та практика використання. Львів : АгроТех, 2023. 432 с..
4. Василенко П. О, Лук'яненко Д. І. Машини для обробітку ґрунту та вирощування рослин. Полтава : АгроТех, 2022. 640 с.
5. Іваненко О., Шевчук В. Машиновикористання у рослинництві. Київ : Аграрна освіта,, 2022. 540 с.